

LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD

II. Fibras textiles

Fidel Eduardo
Lockuán Lavado



LA INDUSTRIA TEXTIL
Y SU CONTROL DE CALIDAD

Fibras textiles

por

Fidel Eduardo Lockuán Lavado

Versión 0.1 (marzo de 2013)

Nota del autor:

Si vas a imprimir esta obra, no te olvides de esta hoja, pues es la que permite que más gente pueda darle uso.

INTRODUCCIÓN

La ciencia es única porque sus métodos exigen que las ideas propuestas no sólo sean probadas y repetidas, sino que todo lo que la ciencia propone es también inherentemente falsable. En otras palabras, a diferencia de la religión y la política, la ciencia no tiene ego, y todo lo que sugiere acepta la posibilidad de resultar erróneo finalmente. No se ata a nada y evoluciona constantemente.

Peter Joseph, en Zeitgeist: Moving Forward

Esta serie de siete libros es el compendio de tomar notas durante tres años como estudiante, catorce como trabajador de fábrica y cuatro como técnico docente. En este lapso de tiempo noté la conveniencia de que todos los estudiantes (y los que ya no lo eran) pudieran tener la misma información textil básica, pero mucha de ésta se encontraba dispersa en múltiples documentos y en algunos casos, en inglés, restringiendo el acceso a su valioso contenido.

Los conceptos y principios generales casi siempre son los mismos, así que no los estoy descubriendo, solo ayudo en darlos a conocer, porque si el conocimiento no se comparte, entonces se pierde.

Manifiesto mi agradecimiento a Lina Vanegas Ochoa.

Por último, pido disculpas por los contenidos incompletos, los errores y las omisiones.

El autor

Este volumen ha sido escrito en su totalidad utilizando el software Writer, de la suite Libreoffice, en su versión 4.0.0.3

Puedes descargarlo desde https://www.libreoffice.org **e instalarlo sin necesidad de licencias. Es libre, gratuito, funcional y periódicamente se actualiza, pues se basa en la libertad y el cooperativismo.**

Contenido

Abraham Maslow[1] postuló que el ser humano presenta cinco niveles de necesidades, desde las más básicas hasta las más elevadas.

Desde su aparición sobre la tierra, el hombre sintió (además del hambre) la necesidad de buscar cobijo frente a las manifestaciones extremas del clima, refugiándose en cuevas; asimismo se vio obligado a proteger también su cuerpo durante sus migraciones o cuando realizaba excursiones de caza para procurarse el alimento.

Para los creacionistas, en cambio, la necesidad de cubrirse el cuerpo surge luego de que el hombre toma conciencia de su desnudez y siente vergüenza por ello.

Con todo, a diferencia de las otras especies, el ser humano presentaba poca protección (vellosidad) sobre su piel. Primero tomó las pieles de los animales que cazaban para cubrirse, luego se dio cuenta que podía convertir las fibras en hilos para fabricar posteriormente telas, así nace la textilería. Obviamente, esto es un proceso que llevó milenios, y fue perfeccionándose durante varias generaciones. Aunque también es conveniente anotar que no se produjo en todas las culturas del mundo, aún hoy en día, existen poblaciones donde la vestimenta es muy reducida o no existe; esto se observa en lugares del mundo donde las condiciones climatológicas no son extremas y no existe el prejuicio por la desnudez de las personas.

Si bien en un inicio los textiles se limitaron a la vestimenta, otros campos de aplicación fueron apareciendo sucesivamente hasta llegar al mundo actual, donde estos materiales se emplean en el hogar, agricultura y pesca, medicina e higiene, protección y seguridad, embalado, desportes y ocio, geotextiles, construcción, etcétera.

FIBRA TEXTIL

Una fibra es un sólido con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud-sección.

Cada fibra se compone de millones de largas cadenas moleculares individuales, de discreta estructura química. La estructura molecular (disposición y orientación de estas moléculas), así como la morfología de la fibra (forma y grosor de la sección transversal) afectarán sus propiedades, pero la primera determinará su naturaleza básica física y química.

Generalmente, las cadenas moleculares poliméricas tienen una secuencia química definida, que se repite a lo largo de la longitud de la molécula. El número total de unidades que se repiten en una cadena varía de unas cuantas hasta varios cientos y se conoce como *grado de polimerización*.

Para que una fibra sea considerada como *textil* debe cumplir los siguientes requisitos, sea cualquiera su origen:

- Flexibilidad
- Elasticidad
- Resistencia

Toda fibra, sin estas tres condiciones, no servirá para hacer hilados con las características técnicas que requieren los tejidos de buena calidad.

La fibra es, por decirlo de algún modo, la unidad fundamental de los textiles. Y es que a partir de ella se elaboran los hilos, con los cuales se fabrican los tejidos y – finalmente – las prendas. Contribuye al tacto, aspecto y comportamiento de los mismos, determina en alto grado las operaciones que se requieren para el artículo y repercute en su costo.

1En su obra *A Theory of Human Motivation* (1943)

CARACTERÍSTICAS LAS FIBRAS TEXTILES

FLEXIBILIDAD

Una fibra debe ser suficientemente flexible soportar flexiones repetidas sin disminuir su resistencia a la rotura.

Sin una adecuada flexibilidad, sería imposible convertir las fibras en hilos y tejidos, debido a que la flexión y el doblés de las fibras individuales son necesarios para esta conversión.

Además, el grado de flexibilidad determina la facilidad con la cual los tejidos podrán ser doblados y esto influirá en la durabilidad de la prenda. En términos generales, para que cuando el tejido vista a una persona, debe permitirle a ésta libertad de movimientos, por lo que las fibras a usarse necesitan ser dóciles y flexibles.

Muchas sustancias naturales tienen la forma de fibra, pero por ser ellas duras y quebradizas no pueden ser usadas como fibras textiles.

ELASTICIDAD

Es de gran valor por cuanto facilita la tejeduría, aumenta la duración del material y es de gran importancia en los procesos de acabado.

Hay que distinguir la diferencia entre elasticidad y elongación.

La elongación (o alargamiento de ruptura), por ejemplo: dado un hilo de longitud 100 cm que puede alargarse hasta 112 cm antes de romperse, se dice que tiene 12% de alargamiento de ruptura o elongación. Generalmente un hilandero pone su empeño en fabricar un hilo de gran resistencia compatible con un elevado alargamiento, suficientemente para que no se presenten dificultades en las operaciones de bobinado, tejido, etc.

Elasticidad es la capacidad para recuperarse de una deformación; cuando una fibra se estira en 10% es decir, 100 cm se convierten en 110 cm y luego al quitarle la carga causante de la deformación, vuelve a su longitud original de 100 cm, se dice que la fibra es totalmente elástica o que tiene 100% de elasticidad. Si por el contrario se contrae al quitarle la carga, volviendo a 102 cm, se dice entonces que tiene 80% de elasticidad.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (TENACIDAD)

Las fibras textiles deben poseer una adecuada resistencia a la tracción. Ésta varía considerablemente en las diferentes fibras. Es importante que la fibra posea suficiente resistencia para ser trabajada y procesada por las maquinarías de hilatura y tejeduría dando luego un producto con adecuada durabilidad para el uso al cual está destinado.

El término tenacidad es generalmente aplicado a la resistencia a la tracción de fibras individuales y se expresa en centinewton por tex (cN/tex).

PESO ESPECÍFICO[2]

Es el peso por unidad de volumen de un cuerpo y en el Sistema Internacional de Unidades se utiliza el Newton por metro cúbico (N/m^3). Según el SI el término *peso* específico no es correcto, debiendo llamarse *densidad de peso*, a pesar de esta recomendación, se emplea intensamente.

Para efectos prácticos el peso específico suele expresarse en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

$$\gamma = \frac{Peso}{Volumen}$$

FINURA

Se refiere al grosor de las fibras y determina en gran medida la calidad del producto final, sea hilo o tejido.

IMPORTANCIA DE LA FINURA

Esta característica contribuye al tacto de los tejidos: fibras finas dan al tejido un tacto suave, mayor resistencia, mayor flexibilidad, mejor caída y mejor doblés, aunque una mayor tendencia al pilling.

Las fibras gruesas son rígidas y ásperas, comunican dureza y cuerpo al tejido, además de una mayor resistencia al arrugado.

Además, la finura de la fibra influye en aspectos tecnológicos de la hilatura tan importantes como:

i. **Comportamiento en la hilatura**

Se conoce como *límite de hilatura* al grosor mínimo de hilo que se puede elaborar con una finura determinada de fibra.

Para evitar problemas técnicos durante la hilatura, existe una cantidad mínima de fibras que deben estar presentes en cada sección transversal del hilo confeccionado (un número menor de fibras ocasiona roturas constantes por la poca resistencia de la masa de éstas). De acuerdo al sistema de hilatura se tiene un aproximado del número mínimo de fibras por sección del hilo:

Sistema de hilatura	Mínimo de fibras/sección
Algodón cardado, continua de anillos	80
Algodón peinado, continua de anillos	40
Algodón, open end a rotores	90
Lana peinada, continua de anillos	20

Tabla 1

Según la tabla 1, si un hilandero piensa producir un hilo de algodón en el sistema peinado, por ejemplo y dispone de dos fibras con diferente finura, se tiene:

2 Esta magnitud numéricamente coincide con la densidad (ρ), por lo que en este libro los emplearemos como sinónimos, a pesar de no ser técnicamente correcto.

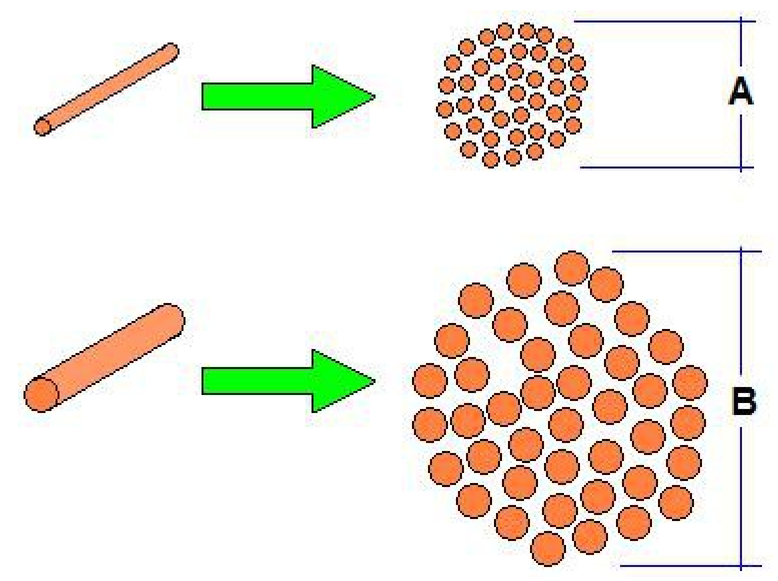


Fig. 1. Dos hilos con 40 fibras/sección.

Se observa que el mismo número de fibras por sección, se pueden obtener hilos más delgados empleando las fibras más finas.

ii. **Regularidad de los hilos**

Dados dos hilos con el mismo grosor, pero elaborados con fibras de diferente finura, se tiene que:

- El hilo fabricado con fibras más finas tendrá mayor cantidad de ellas en su sección transversal.
- El hilo fabricado con fibras más gruesas tendrá menor cantidad de ellas en su sección transversal.

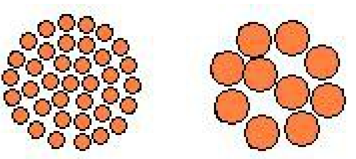


Fig. 2: Dos hilos del mismo grosor elaborados con fibras de diferente finura

A su vez, la irregularidad límite de un hilo está dada por la fórmula de Huberty[3]:

$$CV_{límite} = \frac{K}{\sqrt{fibras / sección}}$$

Observando la fórmula, podemos apreciar que la irregularidad (CV) límite está en relación inversa con la raíz cuadrada de las fibras por sección, del siguiente modo:

- A mayor cantidad de fibras en la sección del hilo, menor será el CV límite del mismo.
- A menor cantidad de fibras en la sección del hilo, mayor será el CV límite del mismo.

Relacionando ambos postulados, concluimos lo siguiente:

- El hilo fabricado con fibras más finas tendrá menor irregularidad.
- El hilo fabricado con fibras más gruesas tendrá mayor irregularidad.

3 Véase el tema *CV de masa límite*, en el libro III (Hilandería).

EXPRESIONES DE LA FINURA

La finura se puede expresar de varias maneras:

- Finura diametral
- Finura seccional
- Finura volumétrica
- Superficie específica
- Finura gravimétrica

Las de mayor importancia y utilidad para fines textiles son la finura gravimétrica y la finura diametral.

Finura diametral

Si la sección recta de la fibra es considerada como circular y constante, o de forma semejante, se utiliza de preferencia la finura diametral. La finura diametral está representada por el valor del diámetro de la sección transversal (perpendicular al eje longitudinal) de la fibra, valor generalmente expresado en micras (1 μm = $1x10^{-3}$ mm = $1x10^{-6}$ m).

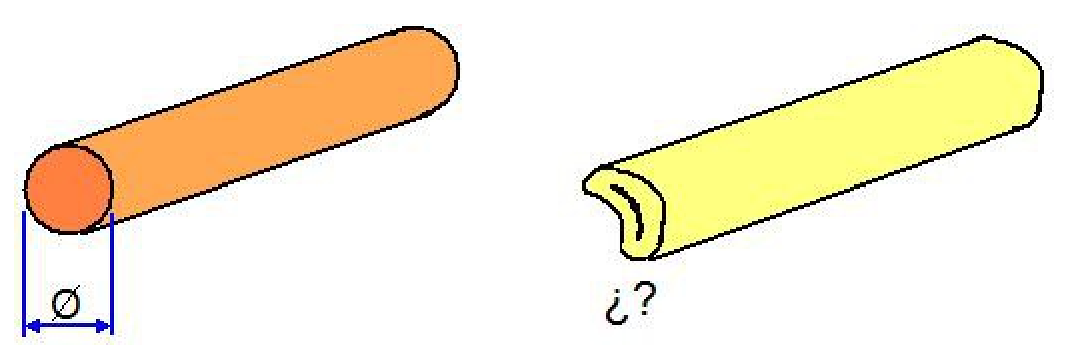


Fig. 3: La finura diametral se aplica en fibras de sección circular

Cálculo del diámetro aparente

Si consideramos a una fibra textil (imaginaria) de forma cilíndrica, con un diámetro **Φ** (en cm) y una longitud **L** (en cm) y un peso específico **γ** (en g/cm^3):

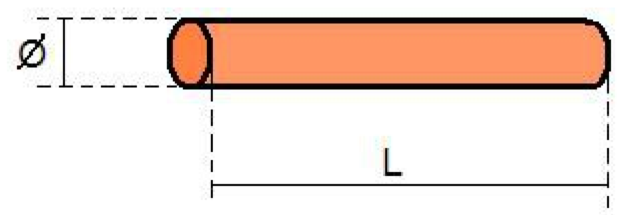


Fig. 4: Diámetro y longitud de una fibra circular

Sabemos – por Geometría – que podemos determinar su volumen (en centímetros cúbicos) mediante:

$$Volumen = \frac{\phi^2 \cdot \pi \cdot L}{4} \quad \ldots (1)$$

Además sabemos que:

$$\gamma = \frac{Peso}{Volumen}$$

Despejando el volumen tenemos:

$$Volumen = \frac{Peso}{\gamma} \quad \text{... (2)}$$

Igualando las ecuaciones (1) y (2):

$$\frac{\phi^2 \cdot \pi \cdot L}{4} = \frac{Peso}{\gamma}$$

Si despejamos el diámetro **Φ**:

$$\phi = \sqrt{\frac{Peso \cdot 4}{\gamma \cdot \pi \cdot L}} \quad \text{… (3)}$$

Asimismo, el título Denier de la fibra se determina por la fórmula:

$$Td = \frac{Peso(g)}{L(m)} \cdot 9000 \Rightarrow Td = \frac{Peso(g)}{L(cm)} \cdot 90$$

Despejando la longitud de fibra en centímetros, tenemos:

$$L(cm) = \frac{Peso(g) \cdot 90}{Td} \quad \text{… (4)}$$

Reemplazando (4) en (3) tenemos:

$$\phi = \sqrt{\frac{Peso \cdot 4}{\gamma \cdot \pi \cdot \frac{Peso \cdot 90}{Td}}} = \sqrt{\frac{Peso \cdot 4 \cdot Td}{\gamma \cdot \pi \cdot Peso \cdot 90}} = \sqrt{\frac{0{,}014147 \cdot Td}{\gamma}}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{0{,}014147 \cdot Td}{\gamma}}$$

Pero recordemos que el diámetro estará expresado en centímetros (pues la longitud la hemos operado con estas unidades), entonces realizamos su conversión a micras (1 µm = $1x10^{-4}$ cm), tenemos finalmente:

$$\phi(\mu) = \sqrt{\frac{141{,}47 \cdot Td}{\gamma}}$$

Si operamos de manera similar para trabajar con la finura de la fibra en decitex, tenemos también:

$$\phi(\mu) = \sqrt{\frac{127{,}32 \cdot dtex}{\gamma}}$$

Estas fórmulas nos permiten tener una idea de la finura diametral en caso que la forma de la fibra sea cilíndrica. También debemos anotar que como el diámetro depende del peso específico, dos fibras de sustancia diferente y del mismo título denier o decitex, no tendrán siempre la misma finura diametral.

Ejemplo: Se tienen dos fibras de sección circular (por lo tanto, de forma cilíndrica), una de ellas es de poliamida 6,6 (peso específico 1,14) y la otra es de poliéster (peso específico 1,38). Si ambas fibras tienen una finura 3,3 decitex. ¿Tendrán acaso el mismo diámetro?

Solución

$$\phi(\mu)\, poliamida\, 6{,}6 = \sqrt{\frac{127{,}32 \cdot 3{,}3\, dtex}{1{,}14\, g/cm^3}} = \sqrt{\frac{420{,}156}{1{,}14\, g/cm^3}} = \sqrt{368{,}56} = 19{,}2$$

$$\phi(\mu)\ poliéster = \sqrt{\frac{127{,}32 \cdot 3{,}3\ dtex}{1{,}38\ g/cm^3}} = \sqrt{\frac{420{,}156}{1{,}38\ g/cm^3}} = \sqrt{304{,}46} = 17{,}45$$

Entonces, la fibra de poliéster 3,3 dtex tendrá menor diámetro que la fibra de poliamida 3,3 dtex, debido a su mayor peso específico.

Finura seccional

La finura seccional es igual a la superficie (*área*) media de una sección recta de la fibra.

Por ejemplo, dada una fibra de sección circular:



Fig. 5

Como la fibra tiene una sección de la que es fácil calcular su área (círculo), su finura seccional queda determinada de la siguiente manera:

$$Finura\ seccional = \frac{9\ cm^2 \cdot 3{,}1416}{4} = 7{,}07\ cm^2$$

Finura volumétrica

La finura volumétrica de una fibra es expresada por medio de la relación *volumen entre longitud* (V/L).

Tomando el ejemplo anterior, esta vez tenemos en cuenta la longitud de la fibra, para poder calcular su volumen.

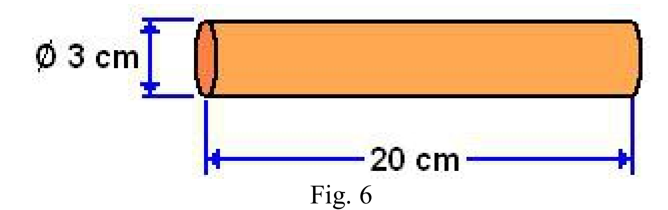


Fig. 6

Sabemos que:

$$Volumen\ de\ la\ fibra = \frac{9\ cm^2 \cdot 3{,}1416 \cdot 20\ cm}{4} = 141{,}37\ cm^3$$

$$Longitud\ de\ la\ fibra = 20\ cm$$

La finura volumétrica de la fibra es:

$$Finura\ volumétrica = \frac{141{,}37\ cm^3}{20\ cm} = 7{,}07\ cm^3/cm$$

Como se observa, las finuras volumétrica y seccional tienen la misma magnitud, pero diferentes unidades.

Superficie específica

Es la relación de la superficie externa con respecto al volumen de la fibra.

Por ejemplo, si tenemos una fibra imaginaria de sección circular, de diámetro 2 cm y 18 cm de longitud:

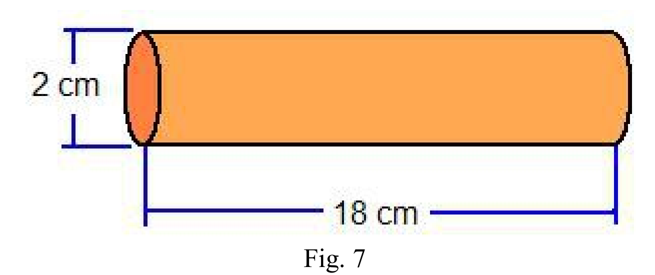


Fig. 7

Hallamos su volumen:

$$Volumen\ de\ la\ fibra = \frac{4\,cm^2 \cdot 3{,}1416 \cdot 18\,cm}{4} = 56{,}55\,cm^3$$

Luego calculamos su superficie lateral:

$$Superficie\ lateral = 2\,cm \cdot 3{,}1416 \cdot 18\,cm = 113{,}1\,cm^2$$

Entonces calculamos la superficie específica de la fibra, si sabemos que ésta es la relación de la superficie lateral entre el volumen.

$$Superficie\ específica = \frac{113{,}1\,cm^2}{56{,}55\,cm^3} = 2\,cm^2/cm^3$$

Si conocemos el peso específico de la fibra (por ejemplo 1,5 g/cm^3), podemos determinar su peso:

$$Peso\ específico = \frac{Peso}{Volumen} \Rightarrow Peso = Peso\ específico \cdot Volumen$$

$$Peso\ de\ la\ fibra\,(g) = \frac{1{,}5\,g}{cm^3} \cdot 56{,}55\,cm^3 = 84{,}83\,g$$

Ahora imaginemos que con este mismo peso tenemos 4 fibras más delgadas de la misma longitud (18 cm), entonces cada fibra pesaría 21,21 gramos, y cada una de estas tendría como volumen:

$$Volumen\ de\ 1\ fibra\ fina = \frac{21{,}21\,g}{1{,}5\,g/cm^3} = 14{,}14\,cm^3$$

Entonces podemos hallar el diámetro que tendría cada fibra fina:

$$volumen = \frac{\varnothing^2 \cdot \pi \cdot longitud}{4} \Rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{volumen \cdot 4}{longitud \cdot \pi}}$$

$$\varnothing\ de\ 1\ fibra\ fina = \sqrt{\frac{14{,}14\,cm^3 \cdot 4}{18\,cm \cdot 3{,}1416}} = 1\,cm$$

Calculando la superficie lateral:

$$Superficie\ lateral\ de\ 1\ fibra\ fina = 1\,cm \cdot 3{,}1416 \cdot 18\,cm = 56{,}55\,cm^2$$

Calculando la superficie específica:

$$Superficie\ específica\ de\ 1\ fibra\ fina = \frac{56{,}55\,cm^2}{14{,}14\,cm^3} = 4\,cm^2/cm^3$$

Pero como se trata de cuatro fibras, debemos hallar la superficie específica del conjunto:

$$Superficie\ específica\ de\ 4\ fibras\ finas = \frac{56{,}55\,cm^2 \cdot 4}{14{,}14\,cm^3 \cdot 4} = 4\,cm^2/cm^3$$

Observamos, por lo tanto, que para el mismo peso (84,83 g) tenemos más superficie específica cuando las fibras son más finas.

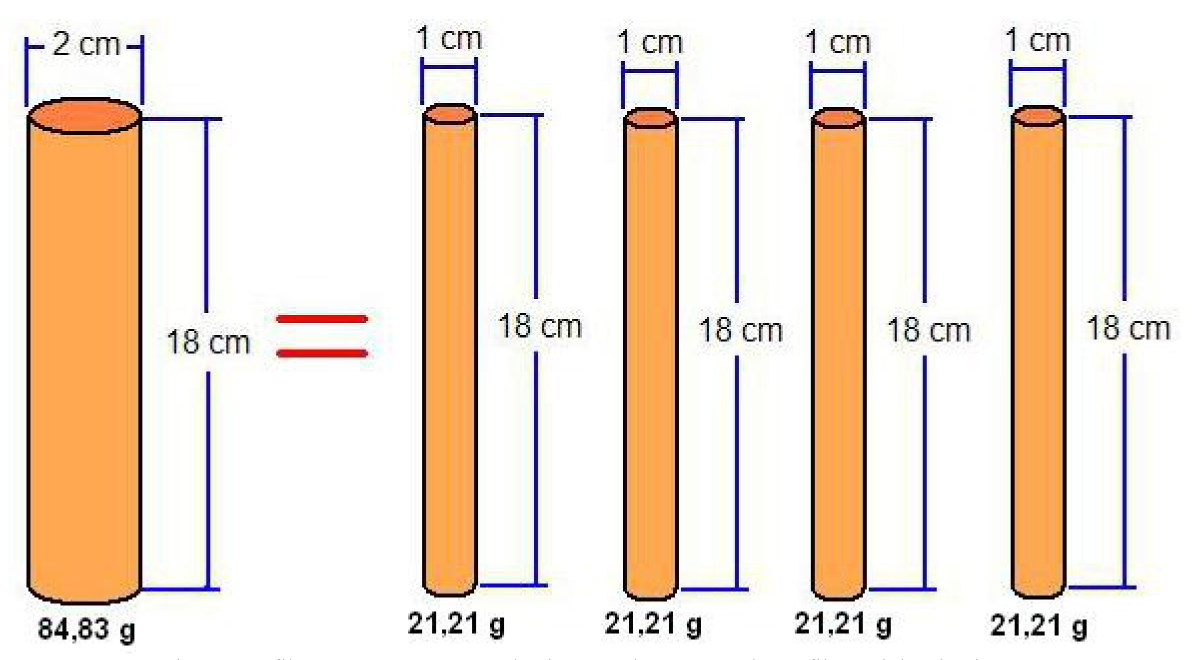


Fig. 8: La fibra gruesa presenta el mismo volumen que las 4 fibras delgadas juntas

Finura gravimétrica

Es la expresión de que se conoce como la *densidad lineal* en los sistemas directos o indirectos.

Sistema directo. Llamado de los **títulos**. Expresa la relación del peso por unidad de longitud (P/L). Está en *relación directa* con el grosor de la fibra, es decir, a mayor título, mayor es el grosor.

Por ejemplo, si tenemos dos fibras imaginarias de la misma longitud pero con diferentes pesos:

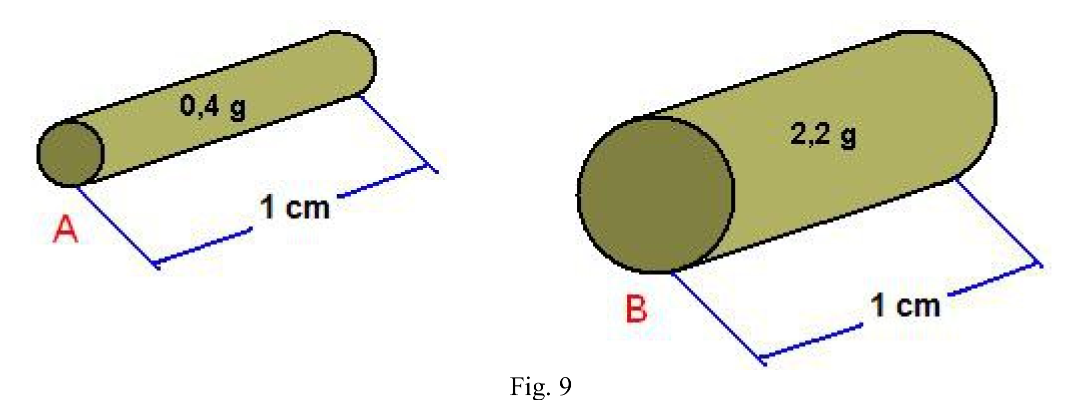


Fig. 9

Determinamos las finuras gravimétricas directas de las fibras A y B:

$$Finura\ de\ A = \frac{0{,}4\ gramos}{centímetro} = 0{,}4\ g/cm$$

$$Finura\ de\ B = \frac{2{,}2\ gramos}{centímetro} = 2{,}2\ g/cm$$

Entonces la fibra A es más fina, pues pesa menos por unidad de longitud (tiene menor *título*).

Sistema indirecto. Conocido como de los **números**. Expresa la relación de la longitud por unidad de peso (L/P). Está en *relación inversa* con el grosor de la fibra, es decir, a mayor número, menor es el grosor.

Por ejemplo, si tenemos dos fibras que pesan lo mismo pero tienen diferente longitud:

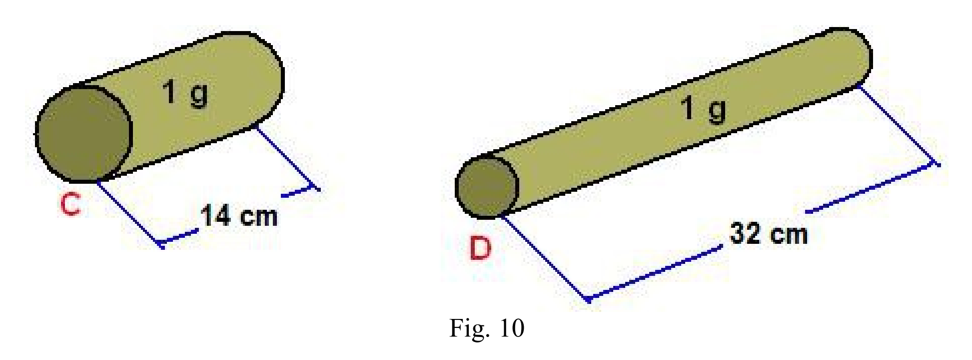


Fig. 10

Determinamos las finuras gravimétricas indirectas de las fibras C y D:

$$Finura\ de\ C = \frac{14\ centímetros}{gramo} = 14\ cm/g$$

$$Finura\ de\ D = \frac{32\ centímetros}{gramo} = 32\ cm/g$$

Entonces la fibra D es más fina, pues mide más por unidad de peso (tiene mayor *número*).

MEDIDA DE LA FINURA DE LAS FIBRAS

Diversos métodos permiten medir la finura de las fibras, estos pueden dividirse en:

Método gravimétrico

Se basa en la pesada de un número de fibras cuya longitud se conoce como para deducir luego el *título* o el *número*. Las determinaciones gravimétricas son muy largas y no convienen para ensayos rutinarios.

Método microscópico

Para fibras circulares o casi circulares. Utilizando el microscopio de proyección se mide el diámetro, ya sea de la sección transversal o de la imagen del perfil de la fibra. Este procedimiento es lento pero muy preciso y se adapta para la investigación tecnológica o científica.

Método permeamétrico

Este método da lecturas muy rápidas para la superficie específica de manojos de fibras especialmente preparados.

Baja resistencia al paso del aire

Alta resistencia al paso del aire

Fibras gruesas

Fibras finas

Fig. 11: Para el mismo peso de dos masas de fibras, la muestra de la derecha ofrece mayor resistencia al flujo del aire

LONGITUD

A diferencia de la finura – que es invariable a través de los procesos textiles – la longitud puede modificarse en los procesos de hilatura, al sufrir fraccionamiento.

Este parámetro puede expresarse en milímetros, centímetros o pulgadas.

De acuerdo a su longitud las fibras se dividen en:

- **Fibras continuas**

  Llamadas filamentos, son fibras de longitud continua, teóricamente ilimitada, medible en metros y yardas. La única fibra natural que es un filamento es la seda; mientras que todas las fibras manufacturadas nacen como filamentos.

  Los hilos elaborados con fibras continuas pueden ser:

  - **Monofilamentos:** Contienen un solo filamento sólido y de gran resistencia, el cual es hilado a través de hileras con agujeros grandes. Se emplean, por ejemplo, en las medias de dama, algunas blusas transparentes, velos y otros. Algunos monofilamentos de mayor grosor se usan en cubreasientos, muebles de jardín, etc.
  - **Multifilamentos:** Contienen un sin número de pequeños filamentos. Las telas hechas con este tipo de tejidos son suaves, lustrosas, de buena caída y tacto agradable. Los vestidos de material parecido a la seda, ropa interior y algunas blusas son ejemplos del producto final de este tipo de hilos.

- **Fibras discontinuas** (*staple*)

  Tienen longitud limitada, medible en centímetros, milímetros o pulgadas. Todas las fibras naturales, excepto la seda, pertenecen a esta clase (aunque la seda puede ser cortada, como ocurre cuando el gusano rompe el capullo).

  Asimismo cualquier fibra continua puede convertirse en discontinua mediante una acción de corte o reventado, para llevarla a una determinada longitud con el fin de satisfacer los

requisitos del hilandero; aunque en la práctica sólo están disponibles un número limitado de longitudes estándar, las cuales se usan para facilitar las mezclas con fibras naturales o para procesarlas en máquinas diseñadas para trabajar las fibras naturales.

Debe tenerse en cuenta que cuando la variación de longitud en un lote de fibras es muy alta, se presentan graves problemas en la hilatura por el alto contenido de fibras cortas y por la calidad del producto que cada máquina entrega, afectando la productividad y la eficiencia del proceso.

En general, la variación de la longitud depende del origen de la fibra: en las fibras naturales puede encontrarse una gran dispersión en un mechón, usualmente ésta se expresa como coeficiente de variación de longitud, y puede oscilar desde un 40 hasta un 60% (la lana tiene mayor dispersión en sus valores de longitud que el algodón, por ejemplo).

En el caso de las fibras manufacturadas cortadas es común encontrar una mayor uniformidad, cercana al 10% de coeficiente de variación.

IMPORTANCIA TÉCNICA DE LA LONGITUD

La longitud de la fibra es una característica física muy importante en la manufactura de los hilos y tejidos, ya que se puede fabricar hilos finos y gruesos en función de su longitud. Del tamaño de las fibras depende su proceso; es decir, el sistema de hilatura cardada o el sistema de hilatura peinada.

La determinación de la longitud de la fibra es un factor muy importante en la hilandería, desde el punto de vista técnico, así como conocer la proporción de la fibra corta que contiene un algodón.

Ajustes de las máquinas de hilatura

En las máquinas con rodillos de estiraje, éstos están diseñados y dispuestos para trabajar en un rango de longitud estándar; de acuerdo a la longitud se hacen los ajustes o ecartamientos para trabajar el material según la necesidad. Las variaciones considerables en la longitud no son recomendables, puesto que se tendrían que hacer regulaciones constantes, lo que saldría demasiado costoso.

Mermas en la operación de peinado

Es en este proceso en donde más se evidencia la importancia de la longitud de fibra. La cantidad de fibras cortas presente en el material de alimentación influye directamente en la cantidad de desperdicio extraído (noil), y de esta manera el costo del producto fabricado se eleva considerablemente.

En otras palabras, si el material que ingresa a la peinadora tiene mayor porcentaje de fibras cortas, mayor será el desperdicio obtenido.

Características de los hilos

La longitud de la fibra influye en la resistencia a la tracción del hilo fabricado con la misma, debido a que las fibras más largas presentan mayor superficie de contacto unas con otras, resultando en un incremento de la tenacidad.

Explicación: Tenemos dos fibras cilíndricas hechas de la misma sustancia y de igual finura, pero ambas tienen diferente longitud (L). Demostraremos que el hilo elaborado con las fibras más largas tiene mayor resistencia.

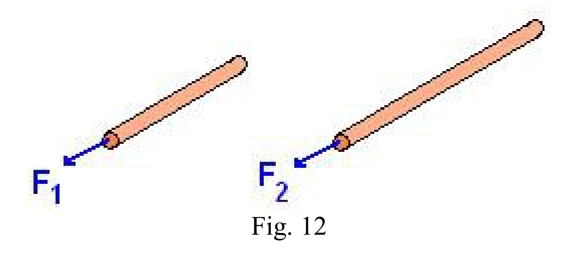


Fig. 12

Primero debemos tener en cuenta que los hilos elaborados con fibras discontinuas se rompen debido a que éstas se deslizan entre ellas, por lo que es necesario saber cuál de las dos fibras presenta mayor resistencia al deslizamiento. Si F_1 y F_2 representan estas fuerzas, debemos saber cómo calcular su magnitud.

Por Física sabemos que la fuerza necesaria para deslizar un cuerpo depende de su peso (P) y de su coeficiente de fricción (μ):

$$F = P \cdot \mu \quad \ldots (1)$$

Además sabemos que el peso de un objeto depende de su volumen y de su peso específico:

$$P = V \cdot \gamma \quad \ldots (2)$$

Además, gracias a la Geometría, podemos conocer el volumen de la fibra, si ésta es cilíndrica:

$$V = \frac{\phi^2 \cdot \pi \cdot L}{4} \quad \ldots (3)$$

Tenemos entonces, si reemplazamos (3) en (2) y ésta a su vez en (1), lo siguiente:

$$F = \frac{\phi^2 \cdot \pi \cdot L}{4} \cdot \gamma \cdot \mu$$

F es la fuerza necesaria para que una fibra se deslice sobre otra superficie y – si se está en contacto con otras fibras – para que el hilo se rompa.

Tenemos entonces que las fuerzas de deslizamiento F_1 y F_2 para la fibra corta y larga, respectivamente, son:

$$F_1 = \frac{\phi_1^2 \cdot \pi \cdot L_1}{4} \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1 \quad \text{y} \quad F_2 = \frac{\phi_2^2 \cdot \pi \cdot L_2}{4} \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2$$

Vamos ahora a relacionar ambas fuerzas:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{\phi_1^2 \cdot \pi \cdot L_1}{4} \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1}{\frac{\phi_2^2 \cdot \pi \cdot L_2}{4} \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2} = \frac{\phi_1^2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1 \cdot 4}{\phi_2^2 \cdot \pi \cdot L_2 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2 \cdot 4} = \frac{\phi_1^2 \cdot L_1 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1}{\phi_2^2 \cdot L_2 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2}$$

Como se planteó que ambas fibras tienen la misma finura, entonces sus diámetros son iguales:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\phi_1^2 \cdot L_1 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1}{\phi_2^2 \cdot L_2 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{L_1 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1}{L_2 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2}$$

Además, se dijo que estaban hechos de la misma sustancia, por lo que sus pesos específicos y coeficientes de fricción también son iguales:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_1 \cdot \gamma_1 \cdot \mu_1}{L_2 \cdot \gamma_2 \cdot \mu_2} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{L_1}{L_2}$$

Lo que nos queda:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad \ldots (4)$$

Podemos enunciar la ecuación 4 más o menos así:

La fuerza necesaria para deslizar una fibra es directamente proporcional a su longitud.

Debemos recordar también lo siguiente:

La resistencia de un hilo es directamente proporcional a la fuerza necesaria para deslizar a las fibras.

Por fin, concluimos:

La resistencia de un hilo es directamente proporcional a la longitud de las fibras que lo componen.

Por otro lado, los hilos producidos a partir de fibras cortas son muy irregulares, de menor resistencia y más gruesos. La naturaleza de las fibras cortas promueve que las puntas de éstas salgan más fácilmente del cuerpo o eje del hilo, dando una apariencia de vellosidad o pilosidad.

Diseño de las máquinas

A menor longitud de fibra, el diseñador de la maquinaria tiene una mayor cantidad de inconvenientes, ya que se ve obligado a diseñar ajustes mucho menores, esto conlleva diseñar rodillos menos fuertes, más pequeños y más veloces, lo que genera menos espacios disponibles para colocar los dispositivos que controlan los movimientos de las fibras.

Las características del tejido

Para muchos propósitos se prefieren fibras más largas, sin embargo desde el punto de vista de las características de las telas, las fibras cortas tienen mayores ventajas sobre las fibras largas si se desea producir telas con superficie de tacto caluroso, peludo y delicado. Este efecto está fuertemente influenciado por el método de hilatura empleado, pero de todas maneras varía en relación inversa a la longitud de las fibras.

EXPRESIONES DE LONGITUDES MEDIAS

Dado un mechón de fibras, existe tres maneras de expresar su promedio de longitud:

- longitud media ponderada al número de fibras
- longitud media ponderada a la sección de las fibras
- longitud media ponderada al peso de las fibras

Consideramos una muestra de tres fibras representadas en la figura 13:

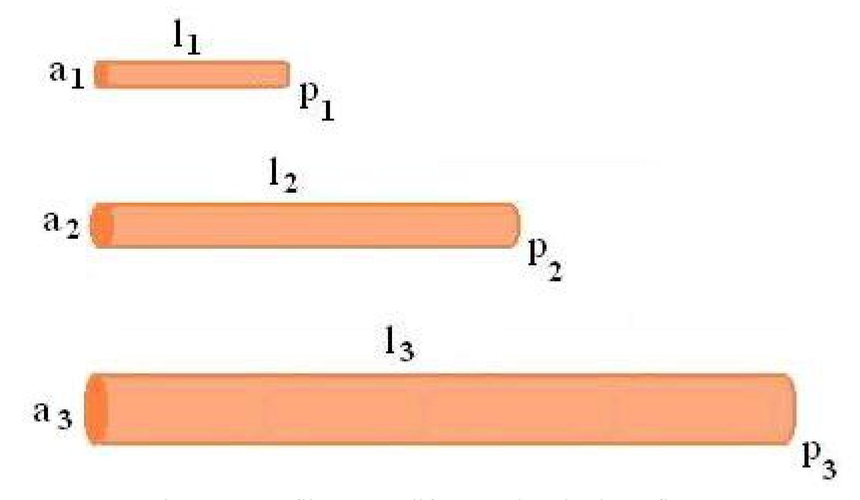


Fig. 13: Tres fibras con diferentes longitudes y finuras

La longitud, sección y peso de cada fibra son designados por l_1, a_1, p_1 – l_2, a_2, p_2 – l_3, a_3, p_3 respectivamente.

a. **longitud media ponderada al número de fibras**

Esta es la longitud promedio deduciendo las proporciones en número de las fibras en la muestra. Esta fórmula sólo es verdaderamente representativa si TODAS las fibras tuvieran la misma finura.

$$\bar{l}=\frac{\sum l_i}{n}$$

Esta longitud promedio es conocida como *longitud media* (M), cuando se analizan fibras de corte lanero.

b. **longitud media ponderada a la sección de las fibras**

Esta es la longitud promedio deduciendo las proporciones en área seccional de las fibras en la muestra. Esta fórmula sólo es verdaderamente representativa si TODAS las fibras tuvieran el mismo peso específico (si fueran de la misma materia).

$$\bar{l}=\frac{(l_1 \cdot a_1)+(l_2 \cdot a_2)+(l_3 \cdot a_3)}{a_1+a_2+a_3}$$

La expresión general será

$$\bar{l}=\frac{\sum (l_i \cdot a_i)}{\sum a_i}$$

Si multiplicamos tanto al numerador y al denominador por el peso específico de la fibra (γ), tenemos:

$$\bar{l}=\frac{\sum (l_i \cdot a_i \cdot \gamma)}{\sum (a_i \cdot \gamma)} \quad \dots (1)$$

Si remarcamos que el peso de una fibra (p_i) vale: $p_i=l_i \cdot a_i \cdot \gamma$ … (2)

Si remplazamos adecuadamente (2) en (1) y operamos hasta que nos quede la ecuación en unidades de longitud y peso únicamente, obtenemos:

$$\bar{l}=\frac{\sum p_i}{\sum \frac{p_i}{l_i}}$$

Esta longitud promedio es conocida como *Altura* (H), cuando se analizan fibras de corte lanero.

c. **longitud media ponderada al peso de las fibras**

Esta es la longitud promedio deduciendo las proporciones en peso de las fibras en la muestra. Esta fórmula es representativa de todo el conjunto de fibras, independientemente de su finura y peso específico.

$$\bar{l}=\frac{(l_1 \cdot p_1)+(l_2 \cdot p_2)+(l_3 \cdot p_3)}{p_1+p_2+p_3}$$

La expresión general será:

$$\bar{l}=\frac{\sum(l_i\cdot p_i)}{\sum p_i}$$

Esta longitud promedio es conocida como *Barba* (B), cuando se analizan fibras de corte lanero.

Notas:

- En general se cumple que: B > H > M
- Pero cuando todas las fibras tienen la misma longitud, la misma sección (caso de las fibras químicas de corte recto), y el mismo peso específico, se tiene: M = H = B.

Ejemplo 1

Supongamos que tenemos tres fibras de la misma sustancia, dos de ellas tienen igual finura seccional (1 mm^2), longitud (1 cm) y peso (1 g), mientras la tercera presenta una finura seccional de 2 mm^2, 2 cm de longitud y 4 g de peso:

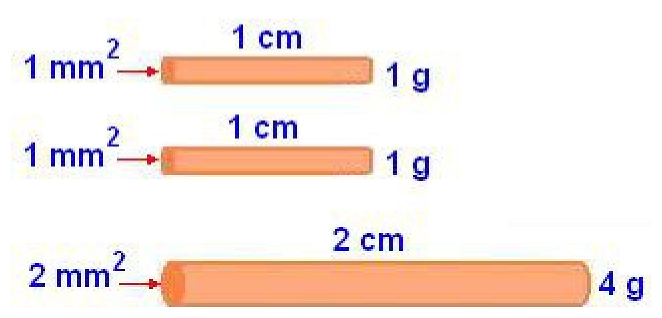


Fig. 14

Pregunta: ¿Cuáles serán los promedios de longitud de esta muestra según la cantidad de fibras, según la finura y según su peso?

Solución empleando la ponderación porcentual:

- Longitud media ponderada al número de fibras

  Tenemos 3 fibras, cuya sumatoria de longitudes es 4 cm, entonces:

  ➔ 1 fibra mide 1 cm y representa el 33,33% del número total de fibras

  ➔ 1 fibra mide 1 cm y representa el 33,33% del número total de fibras

  ➔ 1 fibra mide 2 cm y representa el 33,33% del número total de fibras

  Ahora calculamos el promedio de longitud ponderando el porcentaje de número de cada fibra:

$$\bar{l}=\frac{(1\,cm\cdot 33{,}33\,\%)+(1\,cm\cdot 33{,}33\,\%)+(2\,cm\cdot 33{,}33\,\%)}{100}=\frac{133{,}32}{100}=1{,}33\,cm$$

- Longitud media ponderada a la sección de las fibras

  Tenemos tres fibras, cuya sumatoria de secciones es 4 mm^2, entonces:

  ➔ 1 fibra mide 1 cm y tiene una sección de 1 mm^2, que representa el 25% de la sección total (que es 4 mm^2)

- ➔ 1 fibra mide 1 cm y tiene una sección de 1 mm^2, que representa el 25% de la sección total (que es 4 mm^2)
- ➔ 1 fibra mide 2 cm y tiene una sección de 2 mm^2, que representa el 50% de la sección total (que es 4 mm^2)

Ahora calculamos el promedio de longitud ponderando el porcentaje de sección de cada fibra:

$$\bar{l}=\frac{(1\,cm\cdot 25\,\%)+(1\,cm\cdot 25\,\%)+(2\,cm\cdot 50\,\%)}{100}=\frac{150\,cm}{100}=1{,}5\,cm$$

- <u>Longitud media ponderada al peso de las fibras</u>

Tenemos tres fibras, cuya sumatoria de pesos es 6 g, entonces:

- ➔ 1 fibra mide 1 cm y tiene un peso de 1 g, que representa el 16,67% del peso total (que es 6 g)
- ➔ 1 fibra mide 1 cm y tiene un peso de 1 g, que representa el 16,67% del peso total (que es 6 g)
- ➔ 1 fibra mide 2 cm y tiene un peso de 4 g, que representa el 66,67% del peso total (que es 6 g)

Ahora calculamos el promedio de longitud ponderando el porcentaje de peso de cada fibra:

$$\bar{l}=\frac{(1\,cm\cdot 16{,}67\,\%)+(1\,cm\cdot 16{,}67\,\%)+(2\,cm\cdot 66{,}67\,\%)}{100}=\frac{166{,}67\,cm}{100}=1{,}67\,cm$$

Solución empleando las fórmulas:

El primer método de resolución nos ha ayudado a entender mejor los conceptos de promedios de longitud pero, como se ha observado, es algo tedioso. Vamos ahora a utilizar las fórmulas que definimos, verificando de paso si se obtienen los mismos resultados:

En primer lugar debemos confeccionar la tabla de longitudes y pesos:

Fibra	l (cm)	p (g)	l x p	p / l
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	2	4	8	2
3	**4**	**6**	**10**	**4**

Luego calculamos los promedios de longitudes

- <u>Longitud media ponderada al número de fibras</u>

$$\bar{l}=\frac{\sum l}{n}=\frac{4\,cm}{3}=1{,}33\,cm$$

- Longitud media ponderada a la sección de las fibras

$$\bar{l}=\frac{\sum p_i}{\sum \frac{p_i}{l_i}}=\frac{6\,g}{4\,g/cm}=1{,}5\,cm$$

- Longitud media ponderada al peso de las fibras

$$\bar{l}=\frac{\sum (l_i \cdot p_i)}{\sum p_i}=\frac{10\,cm\cdot g}{6\,g}=1{,}67\,cm$$

Queda demostrado entonces, la corrección de las fórmulas.

Ejemplo 2

Sean tres fibras de diferentes longitudes, finuras y pesos: (fig. 15). Hallar los promedios de longitud.

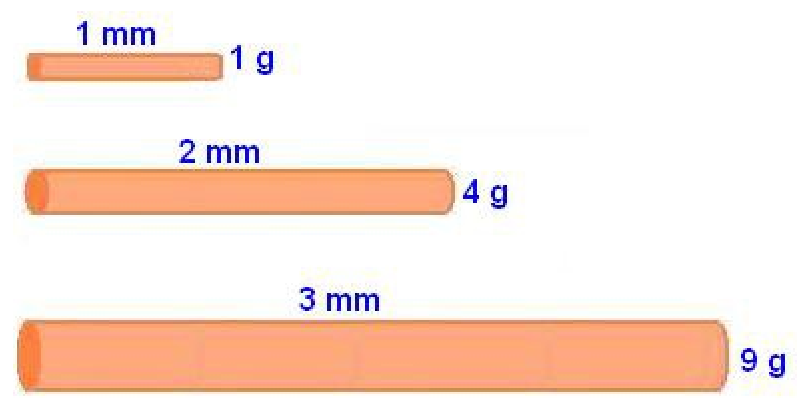


Fig. 15

Confeccionando la tabla de longitudes y pesos, tenemos:

Fibra	l (mm)	p (g)	l x p	p / l
1	1	1	1	1
1	2	4	8	2
1	3	9	27	3
3	**6**	**14**	**36**	**6**

Cálculo de la longitud media ponderada al número de fibras

$$\bar{l}=\frac{\sum l}{n}=\frac{6\,mm}{3}=2\,mm$$

Cálculo de la longitud media ponderada a la sección de las fibras

$$\bar{l}=\frac{\sum p_i}{\sum \frac{p_i}{l_i}}=\frac{14\,g}{6\,g/mm}=2{,}33\,mm$$

Cálculo de la longitud media ponderada al peso de las fibras

$$\bar{l}=\frac{\sum (l_i \cdot p_i)}{\sum p_i}=\frac{36\,mm \cdot g}{14\,g}=2{,}57\,mm$$

OTROS PARÁMETROS DE LA LONGITUD DE FIBRAS

Coeficiente de variación de longitud

El grado de dispersión alrededor de la media se indica por ciertos valores estadísticos, siendo la desviación estándar la más utilizada, designado por σ (sigma). Cuanto más elevada es la desviación estándar, más se alejan de la media los valores extremos.

Contrariamente, una desviación estándar nula significaría que todas las fibras tienen la misma longitud. La desviación estándar es a menudo expresada como porcentaje en relación a la media, este nuevo valor se denomina coeficiente de variación y se expresa CV%:

$$CV_{longitud}=\frac{\sigma}{\bar{l}}\cdot 100$$

Uniformidad de la longitud

La uniformidad de la longitud es la relación entre la longitud media y la longitud media superior de las fibras y se expresa en porcentaje.

Si todas las fibras de un fardo tuvieran la misma longitud, la longitud media y la longitud media superior tendrían el mismo valor y el índice de uniformidad sería 100.

Lo ideal, en hilandería, es disponer de una fibra completamente igual u homogénea en cuanto a longitud, tal como sucede con las fibras artificiales y sintéticas, lo que es imposible en las fibras naturales (algodón, lana, etc.), porque entra en juego una serie de factores (clima, especie, nutrición, etc).

En la práctica, dos fibras con la misma longitud máxima, serán muy distintas si contienen mayor o menor proporción de fibra media y corta. Por tanto, conviene que la fibra sea lo más homogénea posible, pues las fibras cortas, en el momento del estiraje, quedan flotantes o sueltas entre las paredes de los cilindros de estiraje, y avanzan formando aglomeraciones y dando lugar a las irregularidades de los hilos, afectando la resistencia de los mismos.

Si una muestra presenta un índice de uniformidad bajo tiende a incluir un porcentaje alto de fibras cortas. Este tipo de fibra puede ser difícil de procesar y producirá un hilado de baja calidad

¿Cuántas fibras hay en un mechón?

La cantidad aproximada de fibras (*n*) en un peso dado (*P*) se estima fácilmente si se conoce previamente la finura gravimétrica de la fibra en decitex (*dtex*) y la longitud promedio de las fibras (*L*):

$$n=\frac{P(g)\cdot 10^7}{dtex\cdot L(mm)}$$

Ejemplo: Calcular cuántas fibras de 4,4 decitex hay en una muestra de 5 gramos. Se sabe que la longitud promedio de las fibras es 32 mm.

Solución

$$n=\frac{5\,g\cdot 10^7}{4{,}4\,dtex\cdot 32\,mm}=\frac{50000000}{140{,}8}=355114\;aprox.$$

HIGROSCOPICIDAD

Es la capacidad para absorber la humedad del aire e incorporarla a su contenido. Depende de la estructura química y física de la fibra, así como de la temperatura y humedad del entorno.

Para cada sustancia existe una humedad que se llama *de equilibrio*, es decir, un contenido de humedad de la atmósfera tal a la cual el material ni capta ni libera humedad al ambiente. Si la humedad ambiente es menor que este valor de equilibrio, el material se secará, si la humedad ambiente es mayor, se humedecerá. Así, ciertos minerales como el cloruro de calcio son capaces de captar agua de la atmósfera en casi cualquier condición, porque su humedad de equilibrio es muy baja; sustancias como éstas son usadas como desecadoras.

En general todas las fibras textiles, ya sean naturales (animales, vegetales, minerales) o manufacturadas (artificiales, sintéticas) tienen la propiedad de contener en su constitución física una cierta cantidad de agua.

La higroscopicidad de los materiales se puede expresar como:

- *contenido de humedad* o *porcentaje de humedad* y
- *recuperación de humedad* o *regain*

El contenido de humedad siempre presenta valor más pequeño que el regain.

A. Contenido de humedad – Porcentaje de humedad (%H)

Es la cantidad de humedad expresada en porcentaje del peso de la muestra antes del secado. Se expresa con la fórmula:

$$\%H=\frac{(ph-ps)}{ph}\cdot 100$$

Donde :

ph : Peso de la muestra húmeda (peso de la fibra + peso de la humedad)

ps : Peso de la muestra seca (peso de la fibra)

Recuperación de humedad – Regain (%R)

Es la recuperación de humedad expresada en porcentaje del peso de la muestra seca. Se calcula con la fórmula:

$$\%R=\frac{(ph-ps)}{ps}\cdot 100$$

Ejemplo:

Si una muestra de 100 gramos de lana luego de ser secada pesó 92 gramos ¿cuál es su porcentaje de humedad y cuál es su recuperación de humedad?

Solución

Peso húmedo: 100 g

Peso seco: 92 g

$$\%H=\frac{(100\,g-92\,g)}{100\,g}\cdot 100=\frac{8\,g}{100}\cdot 100=8$$

$$\%R=\frac{(100\,g-92\,g)}{92\,g}\cdot 100=\frac{8\,g}{92}\cdot 100=8{,}69$$

Entonces la muestra presenta un contenido de humedad de 8% y un regain de 8,69%

Regain estándar

Se entiende por regain estándar a la cantidad de agua o humedad que posee una fibra en relación a su peso seco a *condiciones normales* (determinado en un laboratorio de ensayo a 21 ± 2º C y 65 ± 2% de humedad relativa). También se le conoce como *tasa legal de humedad*.

Como referencia, la tabla 2 muestra los valores normales de recuperación de ciertas fibras, según la Norma Técnica Peruana NTP 231.053.

Tipo de fibra	Regain estándar (%)
Acetato secundario	6,5
Acrílico	1,5
Algodón (fibra)	8,5
Algodón (hilo crudo)	7,0
Lana lavada	17,0
Lana (hilo cardado)	17,0
Lana (hilo peinado)	18,25
Lana (tejido de hilo peinado o cardado)	16,0
Poliéster	0,4
Rayón viscosa	11
Spandex	1,3
Yute	13,75

Tabla 2: Regain estándar de fibras textiles

Toda empresa antes de comprar la materia prima, debe determinar su *regain*, por ser un factor que afecta al material, aumentando o disminuyendo el peso del mismo[4].

Se aplica la fórmula:

$$Pn=\frac{Pa\cdot(100+Rn)}{(100+Ra)}$$

Donde:

Pn : Peso corregido a condiciones normales
Pa : Peso actual
Rn : Regain a condiciones normales (regain estándar)
Ra : Regain actual

4 La materia prima de las hilanderías (fibras) se compra y vende al peso. Por ello es importante corregir el peso debido a un exceso o defecto de humedad, de acuerdo a la tasa legal de humedad.

Si por ejemplo, una fábrica algodonera compra un fardo de algodón de 236 kg, con un regain de 5%, su peso en condiciones normales será:

$$Peso=\frac{236\,kg\cdot(100+8{,}5)}{(100+5)}=\frac{236\,kg\cdot 108{,}5}{105}=243{,}9\,kg$$

Este es el peso (243,9 kg) que se tomará como base para hacer la compra del material.

Ejercicio: Una fabrica lanera compra 497 kilogramos de material lavado con un regain de 15,8% ¿cuál es el peso corregido a condiciones normales de humedad y temperatura?

Respuesta: 502,15 kg.

Regain estándar de mezclas

Es ampliamente conocido que los hilos y tejidos se fabrican con una mezcla de dos o más fibras de distinta clase o procedencia cuyo resultado, indudablemente, se traduce en un cambio de regain.

En estos casos, el regain estándar de la mezcla se calcula en función del regain estándar de cada fibra componente, según el cuadro anterior y su porcentaje en la mezcla. La fórmula para determinar el regain resultante es la siguiente:

$$Regain\ mezcla=\frac{(R_1\cdot\%_1)+(R_2\cdot\%_2)+...+(R_n\cdot\%_n)}{100}$$

Ejemplo 1: Calcula el regain de una mezcla con las siguientes proporciones de fibras:

- 30% de algodón
- 30% de acrílico
- 40% de rayón viscosa

$$Regain\ mezcla=\frac{(8{,}5\cdot 30)+(1{,}5\cdot 30)+(11\cdot 40)}{100}=\frac{255+45+440}{100}=\frac{740}{100}=7{,}4\,\%$$

Ejemplo 2: Se tiene una mezcla de 35% de rayón viscosa y 65 % de rayón acetato, ¿cuál será el regain resultante de esta mezcla?

$$Regain\ mezcla=\frac{(11\cdot 35)+(6{,}5\cdot 65)}{100}=\frac{385+422{,}5}{100}=\frac{807{,}5}{100}=8{,}1\,\%$$

Como se vio en la tabla 2, el regain estándar de las fibras varía: en las fibras hidrofóbicas (repelen el agua) tiene un valor cerca de cero, en las fibras hidrófilas (captadoras de agua) como la lana, por ejemplo, llega a 17% a 21° C y 65% HR.

La higroscopicidad afecta a las propiedades básicas de la fibra en el uso final:

- Las fibras muy higroscópicas son capaces de captar grandes cantidades de agua antes de sentirse húmedas, un factor importante cuando la absorción de la transpiración es necesaria. Su alto regain facilitará los procesos en húmedo (teñido y ennoblecimiento), pero su secado será más lento.
- Las fibras poco higroscópicas experimentan secados rápidos, una clara ventaja en ciertas aplicaciones.

Las fibras con alto regain a menudo son deseables, pues proporcionan un tejido *respirable*, que puede conducir fácilmente la transpiración del cuerpo hacia el exterior, gracias a sus favorables propiedades de absorción y desorción de la humedad.

Se sabe que la resistencia a la tracción así como las propiedades dimensionales están afectadas por la humedad de la fibra.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Es la capacidad de una fibra de soportar las fuerzas de frote en el uso diario; si una fibra es capaz de absorber y disipar eficazmente estas fuerzas sin daño, la fibra muestra resistencia a la abrasión.

El deterioro de los artículos textiles se debe en gran parte a la abrasión de las fibras constituyentes. El algodón, por ejemplo, presenta baja resistencia a la abrasión, a diferencia de la poliamida, que es muy resistente al frote. Es por ello que en los artículos vanisados de calcetería (algodón con poliamida), luego de cierto tiempo de uso aparecen zonas donde el algodón ha sido removido, quedando solamente el hilo de poliamida expuesto; usualmente esto ocurre en las áreas del dedo medial y el talón del pie.

La tenacidad y la dureza de una fibra están relacionadas con sus estructuras química y física y su morfología, e influirán en la abrasión de la fibra. Una fibra rígida y frágil como el vidrio es incapaz de disipar las fuerzas de acción abrasiva, resultando en daño y rotura de la fibra; mientras que una fibra dura pero más plástica como el poliéster muestra una mejor resistencia a las fuerzas de abrasión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MASA FIBROSA

También se le denomina *resiliencia* Cuando una masa de fibras es comprimida su volumen aparentemente disminuye; cuando se deja de ejercer la fuerza, la masa de fibras puede recuperar más o menos su volumen primitivo.

Durante el uso de la prenda, las fibras de las telas a menudo se someten a fuerzas de compresión, flexión y torsión bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. Si las fibras dentro de la tela poseen buenas propiedades de recuperación elástica de tales acciones deformadoras, tendrán buena resiliencia y mejor apariencia general en el uso final. Por ejemplo, en un medio húmedo y caliente, el algodón y la lana presentan pobre recuperación a las arrugas, mientras que el poliéster exhibe buena recuperación de la deformación, como consecuencia de su alta resiliencia.

RIZADO

La ondulación de una fibra influye en la voluminosidad del hilo y en el tacto del tejido. Las prendas confeccionadas con fibras rizadas son térmicamente más aislantes.

La ondulación de las fibras presenta tres parámetros:

- Si es en dos o en tres dimensiones
- Tamaño del rizo (amplitud)
- Número de ondulaciones por unidad de longitud (frecuencia)

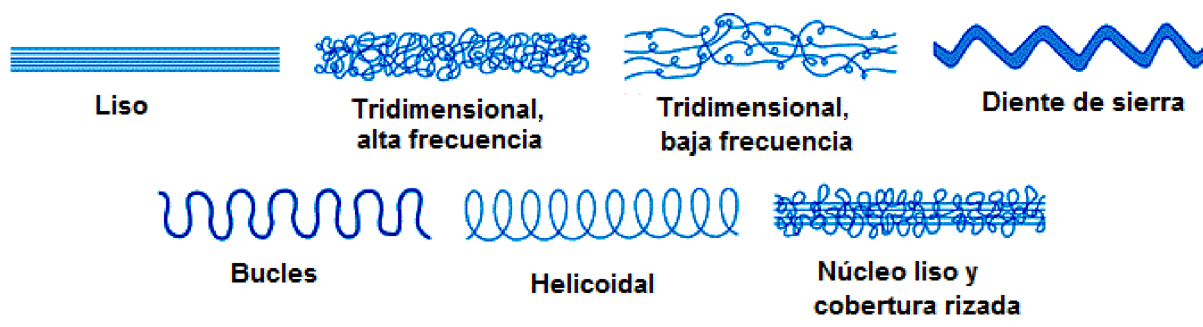


Fig. 16: Rizado de fibras

PROPIEDADES FRICCIONALES Y COHESIVAS

Se sabe que la fuerza necesaria para ocasionar un deslizamiento relativo de dos superficies es proporcional a las fuerzas que mantienen a estas superficies en contacto.

Las fibras deben ofrecer la suficiente fricción para que al reducir el deslizamiento entre las mismas aumenta la resistencia del hilado. Es decir deben tener la habilidad de permanecer juntas en los procesos de manufactura del hilo y en el hilo final.

La cohesión de fibras puede deberse al contorno de superficie o a la forma de la sección transversal, que las habilita para acoplarse y enredarse suficientemente, adheridas unas a otras.

Estas propiedades dependen de la forma seccional de la fibra.

FIELTRAMIENTO

Se refiere a la capacidad de las fibras de entrelazarse unas con otras. En esta propiedad sobresale la lana, gracias a la presencia de escamas en su superficie.

EFECTO TRIBOELÉCTRICO

El efecto triboeléctrico es un tipo de electrificación causado por e ejemplo el frotamiento directo).

La carga electrostática se produce cuando dos cuerpos se rozan y se separan, uno de los cuerpos, como mínimo, debe ser aislante. En consecuencia como la mayor parte de los materiales textiles son conductores, originan estas cargas.

El valor de la carga varía en función de las características dieléctricas, de resistencia de éstos cuerpos y de influencias exteriores como la humedad relativa del ambiente, la temperatura y la humedad relativa del material.

En general, la tendencia a las cargas electrostáticas es más débil en las fibras vegetales que en las de origen animal o sintético.

A manera de ejemplo, la ropa interior de poliamida se carga positivamente durante la fricción con una prenda de acrílico, ésta última se carga negativamente.

Las cargas electrostáticas producen:



Fig. 17: Carga triboeléctrica de las fibras textiles

- Enrollamientos de fibras sobre los órganos de rotación en las máquinas, especialmente en la hilandería.
- Adherencia de hilos en el urdido.
- Hilados con fibras erizadas (hilos peludos).
- Formación de chispas.

Los inconvenientes de las cargas electrostáticas de los tejidos acabados puede ser mejorada, por ejemplo, mezclando la lana (de carga positiva) con polipropileno (de carga negativa), o incorporando materiales conductores (fibras metálicas o de carbono).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Es la capacidad de transferir cargas eléctricas, y se expresa en *siemens por metro*.

Esta propiedad se relaciona con la triboeléctrica del siguiente modo: si una fibra genera electricidad ante una acción de frotamiento y no es capaz de transferir esta carga (por su baja conductividad eléctrica), se comporta como un imán, adhiriéndose a superficies con carga opuesta.

Si este fenómeno ocurre en las etapas de la hilandería, ocasiona enredos sobre los cilindros y rodillos de estiraje, con el consiguiente paro de maquinaria. Cuando se trata de prendas, el tejido se adhiere al cuerpo y genera baja confortabilidad; también atrae el polvo y partículas pequeñas, ensuciándose más rápido.

Resumiendo tenemos:

Generación de triboelectricidad de la fibra + baja conductividad eléctrica = electricidad estática

La primera propiedad no puede modificarse, pero la conductividad eléctrica es pasible de incrementarse mediante la adición de sustancias conductoras (ensimaje en la hilandería) o la mezcla con fibras metálicas ya en el tejido, para disipar las cargas, como en las alfombras antiestáticas.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Es la capacidad de conducir calor, se expresa en *vatios por Kelvin metro*.

Esta propiedad – entre otras – puede determinar que un tejido adquiera características de *abrigar* más. La sensación de confort está en relación con la temperatura del cuerpo y la del medio externo:

- En climas templados (18 – 30° C) es conveniente usar prendas con fibras que sean permeables térmicamente, para que nuestro calor corporal (37° C aprox.) se disipe, y así evitar el bochorno.
- En climas rigurosos (menores de 16° C y mayores de 40° C), mas bien se requiere el empleo de fibras no conductoras de calor. Así nuestro temperatura corporal nos brindará una sensación más cómoda que el medio externo.

Fibra	W/(K•m)
Algodón	0,07
Lana	0,055
Seda	0,05
Poliamida	0,25
Poliéster	0,14
Polietileno	0,12
Polipropileno	0,34
Cloruro de polivinilo	0,16

Tabla 3: Conductividad térmica de las fibras textiles

LUSTRE

Como lustre se entiende al grado de luz que se refleja desde la superficie de una fibra o el grado de brillantez que la fibra posee.

La estructura química y física inherente y la forma de la fibra puede afectar su brillo relativo.

En las fibras naturales el lustre depende de la forma que la naturaleza da a la fibra, puede cambiarse por medios químicos y/o tratamientos físicos (como la mercerización del algodón, por ejemplo).

En las fibras manufacturadas el lustre puede variarse de brillante a opaco dependiendo de la cantidad de deslustrador añadido a la fibra. Los deslustradores – como el dióxido de titanio – tienden a dispersar y absorber la luz, con lo que la fibra aparece más opaca. Como referencia, se muestra a continuación el grado de lustre de una fibra sintética y la cantidad de dióxido de titanio:

- *Brillante*. Sin o con mínima cantidad de dióxido de titanio.
- *Semibrillante*. Fibra ligeramente deslustrada.
- *Semimate*. Con 0,25 – 0,5% de dióxido de titanio.
- *Mate*. Con 0,5 – 1,0% de dióxido de titanio.
- *Supermate.* Con 1 – 3% de dióxido de titanio.

El lustre deseado de una fibra dependerá del uso final del tejido o prenda y de las tendencias de la moda.

RESISTENCIA A LOS AGENTES EXTERNOS

Para ser útil, una fibra textil debe tener una resistencia razonable a los productos químicos que entran en contacto con ella durante el uso y mantenimiento. Debe tener resistencia a la oxidación por el oxígeno y otros gases en el aire, particularmente en presencia de luz, y ser resistente al ataque de microorganismos y otros agentes biológicos. Muchas presentan reacciones bajo luz inducida y las fibras naturales son susceptibles al ataque biológico, pero tales deficiencias se pueden minimizar mediante tratamiento con acabados apropiados. Además las fibras textiles entran en contacto con una amplia gama de agentes químicos en el lavado en seco y deben ser resistentes a tales condiciones.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS E INFLAMABILIDAD

La fibra textil debe ser resistente al calor seco y húmedo, no ha de encenderse fácilmente al entrar en contacto con una llama, e idealmente debe auto extinguirse cuando se le retira de ella.

La estabilidad térmica es particularmente importante durante el teñido y el ennoblecimiento, y durante la limpieza y mantenimiento por el usuario final.

En su mayor parte las fibras textiles se componen de materiales poliméricos orgánicos que contienen carbono y arden o encienden con una llama u otra fuente de ignición.

En general, la estructura química de una fibra determina su inflamabilidad, y acabados textiles apropiados pueden reducirla.

La combustión de fibras textiles está relacionada con su índice límite de oxígeno (LOI, *limit oxygen index*), que indica la cantidad mínima de oxígeno que la fibra necesita para arder.

Dado que el porcentaje de oxígeno en el aire es de alrededor de 21, es evidente que todas las fibras con un LOI por debajo de este nivel se queman con facilidad, mientras que aquellas con un alto LOI tenderán a no quemar. De la tabla 4 se puede observar que el poliéster, la poliamida (ambos se funden y forman masas viscosas) y las fibras celulósicas son muy inflamables. Estas últimas, especialmente en tejidos menos compactos donde tienen un mayor contacto con el oxígeno del aire, se queman muy rápidamente si se calientan a alrededor de 350° C, temperaturas a las cuales se descomponen en sustancias volátiles altamente inflamables y residuos carbonosos.

Fibra	LOI (%)
Lana	25
Algodón	18
Rayón viscosa	20
Acetato	18
Triacetato	18
Clorofibra	48
Acrílico	18 – 20
Modacrílico	22 – 28
Novoloid	36
Poliéster	20
Poliamida	20

Tabla 4: Índice del límite de oxígeno de las fibras textiles

LA FIBRA TEXTIL IDEAL

Si bien las características deseables de las fibras dependerán de los requerimientos del artículo final, bajo un criterio general podemos enunciar algunas propiedades que debe reunir la fibra textil ideal:

1. Punto de fusión y/o descomposición por encima de 220° C.

2. Resistencia a la tracción de 45 cN/tex, o superior.
3. Alargamiento a la rotura superior a 10%, y alargamiento reversible con hasta 5% de deformación.
4. Higroscopicidad entre 2 y 5%.
5. Capacidad combinada de recuperar humedad y retener el aire.
6. Alta resistencia a la abrasión.
7. Resistencia a los ácidos, álcalis y solventes químicos.
8. Autoextinción al retirarla de la llama.

CODIFICACIÓN DE LOS NOMBRES DE LAS FIBRAS

Para efectos de comodidad, es muy frecuente el designar a los diferentes tipos de fibras bajo denominaciones abreviadas, sobre todo en el caso de las fibras sintéticas, cuyos nombres usualmente son muy largos.

Esta designación abreviada de fibras también sería útil en el etiquetado de las prendas, por ello diversas organizaciones propusieron sus listas de códigos, entre ellas tenemos a:

- BISFA. *Bureau International pour la Standardisation des Fibres Artificielles*
- DIN. *Deutsches Institut für Normung*
- UE. *Unión Europea*
- ISO. *International Organization for Standardization*
- IUPAC. *International Union of Pure and Applied Chemistry*

Sin embargo, la existencia de diferentes sistemas de codificación en el campo del etiquetado textil ha conducido a confusiones generalizadas. La confusión sería inevitable si los compradores textiles, por una parte, y los científicos de la industria química y de las fibras, por otra, utilizasen diferentes códigos, lo cual en algunos casos contribuiría más a la confusión que a la simplificación. Ello ha conducido a que alguna abreviatura sea frecuentemente utilizada para designar diferentes compuestos. En otros casos el mismo compuesto o producto es caracterizado por diferentes abreviaturas o codificaciones. Además, muchas abreviaturas son difíciles de identificar, especialmente en textos extranjeros o cuando no están explícitamente definidos.

Fibra	Abreviatura	
	DIN 60001-1 (1999)	ISO 2076
Abacá	AB	
Algodón	BW	CO
Bonote	CC	
Cáñamo	HA	
Capoc	KP	KP
Esparto	AL	
Formio	NF	
Henequén	HE	
Kenaf	KE	
Lino	LI	LI
Ramio	RA	RA
Sisal	SI	SI
Yute	JU	JU

Tabla 5 Fibras naturales vegetales

Fibra	Abreviatura	
	DIN 60001-1 (1999)	ISO 2076
Alpaca	WP	WP
Angora	WA	WA
Caballo	HS	
Cabra	HZ	
Camello	WK	WK
Cashmere	WS	WS
Conejo	WN	HK
Lana	WO	WO
Llama	WL	WL
Mohair	WM	WM
Seda	SE	SE
Seda Tussah	ST	
Vicuña	WG	WG
Yak	WY	

Tabla 6 Fibras naturales animales

Fibra	Abreviatura	
	DIN 60001-1 (1999)	ISO
Amianto (Asbesto)	AS	AS

Tabla 7 Fibra natural mineral

Fibra	Abreviatura	
	BISFA	ISO
Acetato	CA	AC
Alginato	ALG	AL
Caucho natural (Elastodieno)	ED	
Cupro	CUP	CUP
Lyocell	CLY	
Modal	CMD	MD
Triacetato	CTA	TR
Viscosa	CV	VI

Tabla 8 Fibras manufacturadas artificiales

Fibra	Abreviatura	
	BISFA	ISO
Acrílico	PAN	PAC
Alcohol polivinílico	PVAL	VL
Aramida	AR	AR
Clorofibra	CLF	CL
Elastano	EL	EL
Elastodieno	ED	ED
Elastolefina	EOL	
Elastomultiéster	EME	
Fluorofibra	PTFE	FL
Melamina	MF	
Modacrílico	MAC	MAC
Poliamida	PA	PA
Poliéster	PES	PES
Polietileno	PE	PE
Polilactida	PLA	
Polimida	PI	
Polioxamida	POA	
Polipropileno	PP	PP

Tabla 9 Fibras manufacturadas sintéticas

Fibra	Abreviatura	
	BISFA	ISO
Vidrio	GF	VT
Metal	MTF	ME
Carbono	CF	CF
Cerámica	CEF	

Tabla 10 Fibras manufacturadas inorgánicas

CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES

Una primera gran división de las fibras puede ensayarse diferenciándolas entre naturales y manufacturadas.

Antes de continuar, es necesario mencionar que para que una fibra textil pueda ser explotada industrialmente debe tener un suministro constante y bajo costo. Existen muchos tipos de fibras naturales que no cumplen estos requisitos y por eso su explotación tan solo se queda a nivel artesanal, de igual manera existen fibras manufacturadas cuya producción es demasiado costosa y por ello su producción se ha descontinuado o se utilizan para aplicaciones muy especiales.

FIBRAS NATURALES

Se encuentran en la naturaleza y son extraídas mediante procesos físicos o mecánicos.

Según su origen pueden ser:

a) **Vegetales**

Se subdividen según su ubicación dentro de la planta:

- **Fibras de semilla.** Están situadas junto a las semillas y se obtienen desprendiéndolas de éstas. En este grupo podemos contar al algodón y al capoc.
- **Fibras del tallo.** Llamadas también liberianas, se encuentran en el tallo, entre el leño y la corteza. Se requiere un procedimiento especial para obtenerlas. Pertenecen a este grupo el lino, el cáñamo, el yute, el abacá, el ramio y el kenaf.
- **Fibras de las hojas.** Pueden aislarse quitando la pulpa de las hojas. Dentro de éstas tenemos al sisal, al esparto, al formio y la rafia, entre otros.
- **Fibras de fruto.** Como el bonote, que se obtiene del revestimiento del coco.
- **Fibras de raíz.** Como el zacatón, del género *Muhlenbergia*.

b) Animales

A este grupo pertenecen la lana, los pelos de alpaca, vicuña, guanaco, camello bactriano, mohair, conejo, y el cashmere; también está la seda.

c) **Minerales**

La única que tiene este origen es el asbesto o amianto.

FIBRAS TEXTILES VEGETALES

ALGODÓN

Es sin duda la fibra más estudiada y sobre la que más se ha escrito. En un inicio fue desconocida por los europeos, quienes llegaron a imaginarse esta planta según la fig. 18.



Fig. 18: Ilustración del algodón, siglo XIV

SOBRE LA PLANTA

Encontramos 4 variedades:

Gossypium arboreum

Llamado algodón de árbol, es originario de la India y Pakistán.

Gossypium barbadense

Es la variedad que ofrece las fibras más largas, pertenecen a esta clase los algodones Pima (originario de Perú) y egipcio.

Gossypium herbaceum

Es nativo del África subsahariana y Arabia. Es la variedad que Herodoto menciona en su obra *Historias*, refiriéndose a las tierras más allá de los límites conocidos por los griegos de su época, como:

… ciertos árboles llevan sus frutos de vellones, que superan a los de las ovejas en belleza y excelencia, y los nativos se visten con ropas hechas de ellos.

Gossypium hirsutum

Es originario de Mesoamérica, la variedad más conocida es el Upland.



Fig. 19: Fases del desarrollo de la fibra, de la flor a la bellota.

SOBRE EL DESMOTADO

El desmotado o despepitado es la operación realizada para separar la semilla de las fibras. Existen dos tipos de desmotadora: la de sierras (de acción enérgica, usada para fibras medianamente largas y gruesas) y la de tambor (de trabajo más delicado, ideal para fibras extralargas).

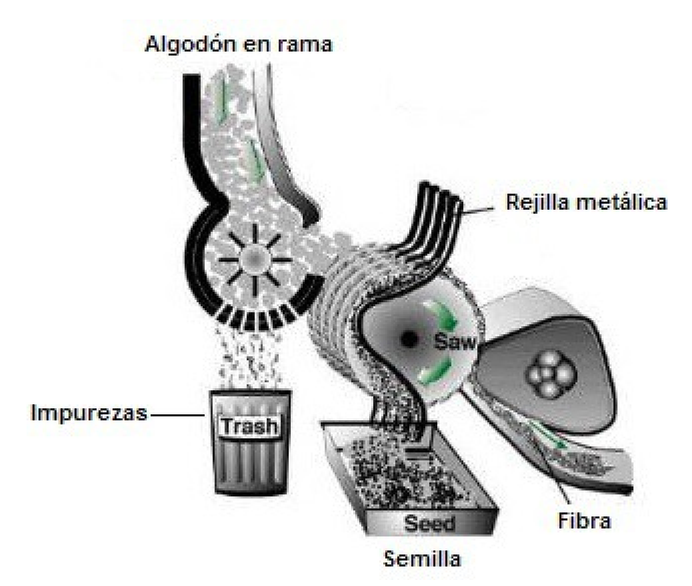


Fig. 20: Desmotadora de sierra

PROPIEDAD	INFLUENCIA	EFECTO
Micronaire	no	–
Longitud	sí	reduce
Uniformidad de longitud	sí	reduce
Contenido de fibra corta	sí	incrementa
Resistencia de la fibra	sí	reduce
Color	no	–
Conteo de basura	alta	–
Neps	sí	incrementa
Fragmentos de cascarilla de semilla	sí	incrementa
Preparación	alta	–

Tabla 11: Influencia del desmotado en las propiedades de la fibra de algodón. Fuente: Uster®

SOBRE LA FIBRA

Partes características

La fibra del algodón está formada por una cutícula, una pared primaria, una pared secundaria y un lumen. La fibra crece casi a su longitud completa como un tubo hueco antes de que se empiece a formar la pared secundaria.

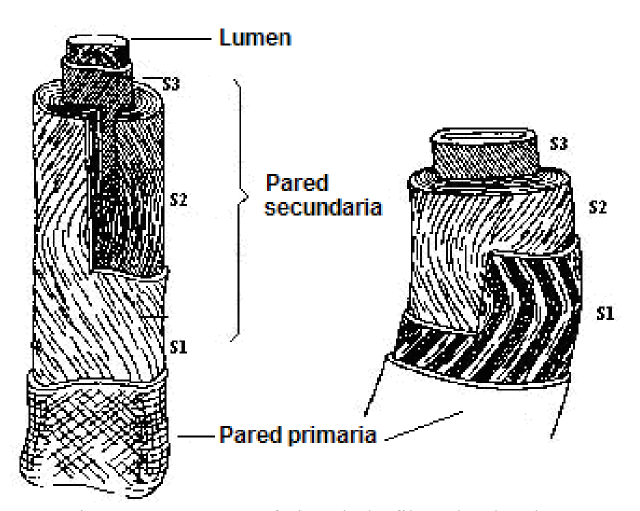


Fig. 21: Estructura física de la fibra de algodón

La *cutícula* es una película cerosa que cubre la pared primaria o externa.

La *pared secundaria* está constituida por capas de celulosa. Las capas que se depositan en la noche difieren en densidad de las que se depositan durante el día (la celulosa se deposita diariamente durante 20 o 30 días hasta que, en la fibra madura, el tubo está casi lleno), esto provoca la aparición de anillos de crecimiento, que se observan en la sección transversal. Las capas de celulosa están compuestas de fibrillas, haces de cadenas de celulosa distribuidos en forma espiral. En ciertos puntos las fibrillas invierten su dirección. Estas espirales invertidas son un factor importante en el torcido, la recuperación elástica y el alargamiento de la fibra, y también son puntos débiles, con una resistencia 15 a 30 por ciento menor que el resto de la fibra.

El *lumen* es el canal central a través del cual se transportan los nutrientes durante el crecimiento. Cuando la fibra madura, los nutrientes secos en el lumen dan las características áreas oscuras que se pueden ver en el microscopio.

Cuando las fibras maduran, el capullo se abre, las fibras se secan en el exterior y el canal central se colapsa, las espirales inversas hacen que las fibras se tuerzan.

Las cápsulas que contienen las semillas son pequeñas, durante el crecimiento se ven obligadas a estar cambiando de dirección continuamente, lo que determina la ondulación natural de las fibras. Cuando las fibras maduran las cápsulas se abren, las fibras se secan en el exterior; el canal central colapsa y la fibra – inicialmente cilíndrica – se contrae. Las espirales inversas hacen que la fibra se tuerza, convirtiéndose en una cinta más o menos plana, retorcida en sí misma. El grado de aplastamiento depende del grosor de la pared secundaria.

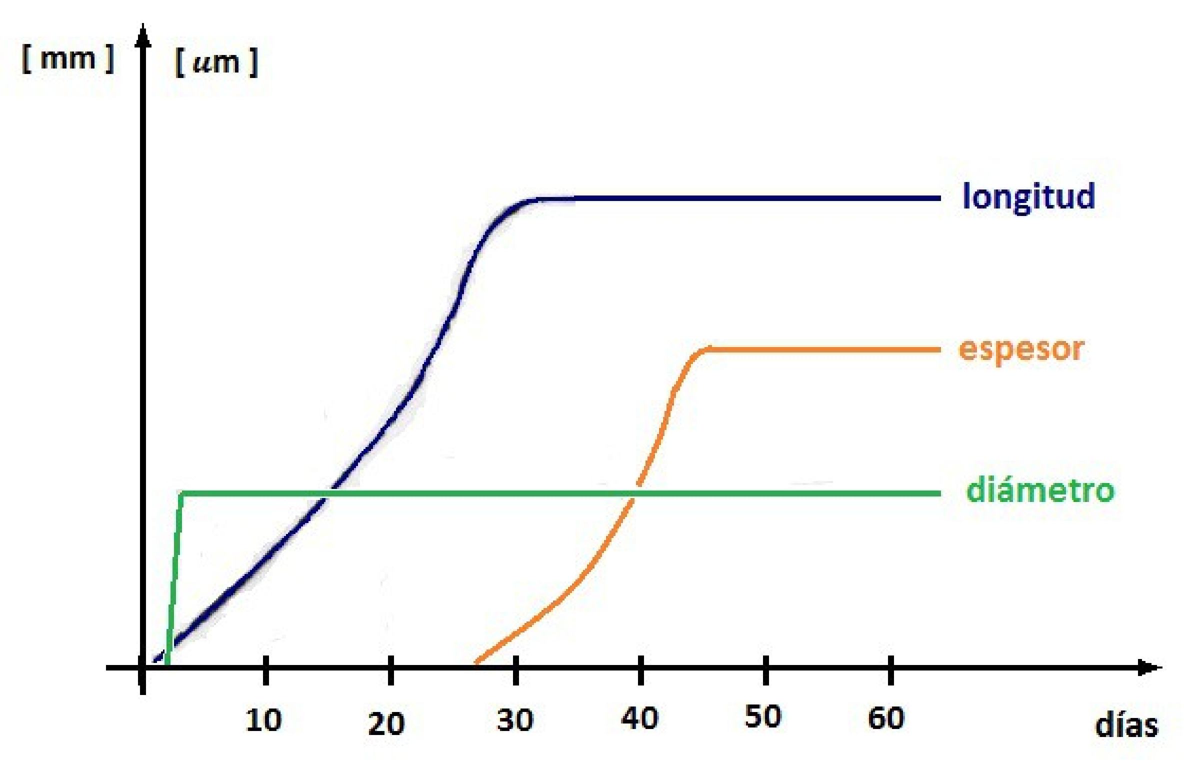


Fig. 22: Proceso de crecimiento de la fibra de algodón

Composición química

Los contenidos totales están separados en los siguientes componentes:

Materia	Porcentaje
Celulosa	80 – 90
Agua	6 – 8
Ceras y grasas	0,5 – 1
Proteínas	0 – 1,5
Pectinas	4 – 6
Cenizas	1 – 1,8

Tabla 12

Durante el lavado (tratamiento con soda cáustica) las ceras naturales y grasas en la fibra y otros materiales no celulósicos son liberados, así las impurezas pueden ser removidas fácilmente. Después de lavar, blanquear y secar la fibra es celulosa del 99%.

La estructura química de la celulosa se muestra en la fig. 23, como se entiende, esta estructura es válida para todas las fibras celulósicas (algodón, sisal, rayón viscosa, lino, etcétera).

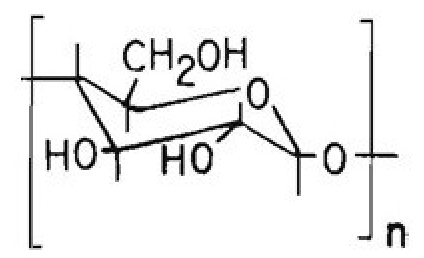


Fig. 23: Celulosa

Aspecto microscópico

Las fibras varían de 16 a 20 micras de diámetro[5], su forma es distinta según la madurez de la fibra: en fibras inmaduras tiende a ser en forma de U y la pared celular es más delgada, en las fibras maduras es casi circular con un canal central más pequeño.

Las torsiones en forma de cinta caracterizan a las fibras de algodón. Este torcido forma una ondulación natural que permite que las fibras tengan cohesión una con otra de manera que, a pesar de su corta longitud, el algodón es una de las fibras que se hila con mayor facilidad. Las torsiones pueden ser una desventaja, ya que en ellas se recolecta el polvo y la suciedad y deben eliminarse con un lavado enérgico.

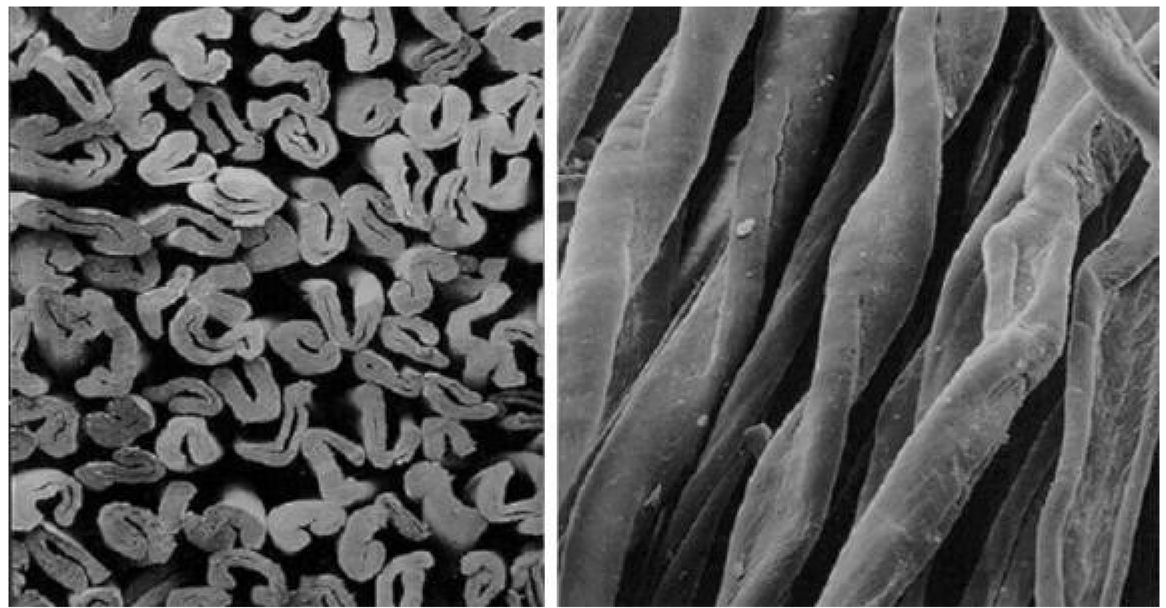


Fig. 24: Microfotografías de fibras de algodón, en vistas transversal (izq.) y longitudinal (der.)

Aspecto macroscópico

En general, la paleta de **colores** va desde el blanco hasta el marrón, según la variedad.

En cuanto a la **brillantez**, la mayoría de los tipos son mates, solo las fibras del *barbadense* presenta un leve brillo. El proceso de mercerización – en la tintorería – confiere brillo adicional a la fibra, además de otras cualidades deseables.

La **longitud** de fibra viene determinada en gran medida por la variedad, pero la exposición de la planta de algodón a temperaturas extremas, exceso de agua o deficiencias nutritivas pueden acortar

5 En el caso del algodón, la expresión de a finura diametral es solamente referencial. Se prefiere utilizar la finura gravimétrica (micronaire)

su longitud. Ya mostramos también que un exceso de limpieza en el desmote también puede acortar la fibra.

La **finura** depende fundamentalmente de las condiciones del clima, región y especie cultivada.

En el algodón existen dos clases de finura:

- La que se refiere al diámetro o perímetro de la fibra, que varía con la especie del algodón y se le conoce con nombre de *finura intrínseca*.
- *Finura de madurez*, se refiere al grosor de la pared secundaria de la fibra.

Micronaire	Clasificación
< 3,0	Muy fino
3,0 – 3,9	Fino
4,0 – 4,9	Medio
5,0 – 5,9	Grueso
> 6,0	Muy grueso

Tabla 13

En la tabla 14 se muestra los valores de finura y longitud de los algodones cultivados en Perú.

Variedad	Longitud (mm)	Finura (micronaire)	Zona de cultivo
Tangüis	29 – 33	4,6 – 6,1	Ancash, Lima, Ica y Arequipa
Pima	38,1 – 41,3	3,3 – 4,0	Piura
Supima	33,3 – 38,1	3,5 – 4,2	Piura
del Cerro	33,3 – 36,5	3,6 – 3,8	Lambayeque
Áspero	26,2 – 27	6,5	San Martín

Tabla 14

De manera general, podemos decir que – en el caso específico del algodón – la longitud de la fibra está en relación inversa con la finura.

Contenido de impurezas

Esta propiedad se refiere a la cantidad de impurezas que contiene la materia prima. En el caso específico del algodón, cuanto más impurezas contenga, su valor comercial será menor. Como impurezas más frecuentes podemos mencionar:

- Restos de semillas
- Restos de cáscaras
- Pedazos de hojas, tallos o cápsulas y
- Tierra, arena y polvo

Desde el punto de vista técnico, a la presencia de estas impurezas se le da mucha importancia, porque no sólo exige un tratamiento riguroso (sobre todo en abridoras y batanes) sino que, debido a la trituración que sufren las impurezas, muchas porciones pequeñas continúan en las fibras durante el proceso de fabricación del hilo, lo que dificulta las operaciones posteriores. Finalmente, adheridas al mismo, originan un tejido defectuoso y de mala calidad.

CLASIFICACIÓN DEL ALGODÓN

De acuerdo la norma técnica peruana *NTP 231.073 Método para clasificación de las fibras de algodón*, los algodones se clasifican por procedencia, variedad, longitud, grado y carácter

Procedencia

Según su origen geográfico, por ejemplo:

- Algodón norteamericano
- Algodón mejicano
- Algodón brasileño
- Algodón peruano
- Algodón egipcio

Variedad

Según su origen genético, conocidos en el mercado por su nombre comercial, por ejemplo: Tangüis, Pima, Supima, Karnak, del Cerro, Áspero, Upland.

Longitud

Se determina por medio del peinado manual de un mechón de fibra y representa la longitud media de las más largas, expresada en milímetros o pulgadas.

Según su longitud, serán:

Clasificación	milímetros	pulgadas
Cortos	Menos de 20,64	Menos de 13/16
Medianos	20,64 a 25,4	13/16 a 1
Medianamente largos	26,98 a 27,78	1 1/16 a 1 1/32
Largos	28,58 a 33,30	1 1/8 a 1 5/16
Extralargos	Más de 35,04	Más de 1 3/8

Tabla 15

Grado

El grado es la calificación del algodón según *color*, *contenido de materia extraña* y *preparación*. También se toma en cuenta la *contaminación*.

La determinación del grado es apreciada mediante inspección por experto y comparación visual con muestras tipos (patrones).

Se considera lo siguiente:

Color

Se define en función de tres atributos:

- *Tono.* Nombre propio del color del algodón.
- *Brillo.* Grado de reflexión que presenta el algodón al compararlo con una escala de colores neutros
- *Matiz.* Es la intensidad, fuerza o grado de color.

El color de las fibras de algodón puede verse afectado por lluvias, heladas, insectos y hongos y por manchas debidas al contacto con el suelo, la hierba o la hoja de la planta de algodón. También se puede ver afectado por un exceso de humedad y por los niveles de temperatura durante el período de almacenamiento, antes y después del despepitado.

A medida que el color del algodón se deteriora debido a las condiciones medioambientales, la probabilidad de que se reduzca la eficiencia del procesamiento aumenta. El deterioro del color también afecta la capacidad de las fibras para absorber y retener tintes y acabados.

Materia extraña

Es el conjunto de aquellas formas propias del cultivo del algodón que no constituyen fibra en sí. La materia extraña está formadas por: fragmentos de hojas, de ramas, de semillas, de maleza, tierra, etc.

Preparación

Preparación es un término que se usa para describir el grado de suavidad o aspereza con que se desmota el algodón. Se define en función a factores como el sistema de desmote (despepitado), la velocidad y calidad de la máquina empleada, resultado en un mayor o menor paralelización de las fibras, lo cual se refleja en la muestra. Se indicará si presentan nudos

pequeños o enredos de fibras (*neps*), masas, enredos o nudos de fibra de regular tamaño (*naps*) y fragmentos de cáscara.

Contaminación

Está constituida por fibras afectadas por "melaza" y/o materiales completamente ajenos al cultivo algodonero.

Carácter

Clasificación de acuerdo a sus propiedades como resistencia, finura, madurez, uniformidad de longitud, alargamiento.

Existe instrumental específico para determinar con mayor precisión algunas propiedades de la fibra, tales como:

- Longitud y uniformidad *Fibrógrafo*
- Resistencia *Pressley*
- Resistencia y alargamiento *Stelómetro*
- Finura-madurez *Micronaire*

Sin embargo y a excepción de los índices dados por el *Micronaire* y, en menor medida, por el *Pressley*, la difusión y uso a nivel comercial e industrial de estos instrumentos es limitada, entre otros factores por que no resultan suficientemente expeditivos.

La empresa Uster fabrica equipos para ensayos de fibra en mechón, conocidos como *HVI* (Instrumento de Alto Volumen) y *LVI* (instrumento de Bajo Volumen).

Los mismos constituyen un importante avance ya que integran en un solo equipo las mediciones dadas por los instrumentos individuales y posibilitan la rápida evaluación de un gran número de muestras de fibra (aproximadamente 1000 por turno de 8 horas en el equipo HVI 1000). Estos equipos permiten disponer en forma rápida de registros sobre:

- Longitud
- Uniformidad de Longitud
- Índice de Fibra Corta
- Resistencia
- Elongación
- Micronaire
- Índice de Madurez

TABLA DE LÍMITES DE HILATURA DEL ALGODÓN

La tabla 16 indica de manera referencia, los valores mínimos de densidad lineal (hacia lo fino) que pueden trabajarse para tener un hilo de algodón con una resistencia a la tracción aceptable. Según se observa, en ello influyen la longitud y el micronaire de las fibras.

Longitud de fibra		Finura de fibra		Límite de hilatura aproximado		
pulg	mm	dtex	micronaire	Tex	Nm	Ne
< 1 1/8	< 28	2,56	6,50	40	25	15
		2,38	6,05	33	30	18
		2,22	5,64	29	35	21
		2,15	5,46	25	40	24
		2,10	5,33	22	45	27
		2,00	5,00	20	50	30
		1,88	4,78	17	60	35
		1,76	4,47	14	70	41
> 1 1/8	> 28	1,55	3,98	13	80	47
		1,50	3,81	11	90	53
		1,46	3,71	10	100	59
		1,36	3,45	7	150	89
		1,22	3,09	5	200	118

Tabla 16

LAS CAUSAS DEL BARRADO HORIZONTAL

Se entiende por barrado de tejidos a un efecto visual a manera de barras o listas, ya sea horizontales o verticales. Es un defecto muy grave que muchas veces pasa desapercibido en la tela cruda y se hace notorio recién en la tintorería.

La fig. 25, muestra un género de punto donde se aprecia barraduras horizontales.



Fig. 25: Género de punto con barrado horizontal

Mediante estudios realizados por Uster, se determinó las causas que contribuyen a la aparición del barrado. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Causas	Contribución (%)
Variación del material en rama (fibra)	70
Variación de la densidad lineal del hilo	10
Variación de la torsión del hilo	10
Variación de la pilosidad del hilo	10

Tabla 17: Fuente: USTER® HVI CLASSIC, por Hossein Ghorashi

Según se entiende, es importante que haya uniformidad en el algodón para evitar problemas de este tipo. De allí la necesidad de determinar adecuadamente las características de las fibras de cada lote, para realizar la correcta programación de la mezcla de fardos en la zona de apertura, en la hilandería.

LINO

Proviene de la planta *Linum usitatissimum*, posiblemente originaria de las zonas de los ríos Nilo, Tigris y Éufrates. Se empezó a cultivar unos 7000 años antes de Cristo. En Europa, durante la Edad Media, se tenía la creencia que el lino ayudaba a curar la lepra.

La composición química de esta fibra es aproximadamente 65% celulosa, 16% de hemicelulosa, 3% de pectinas y el resto, humedad, lignina, grasas y cenizas. Como se observa, la celulosa no se encuentra pura como en el algodón, sino combinada con materias pécticas, en forma de protocelulosa, e incluso con la lignina, lo que confiere propiedades distintas al algodón.

Para extraer la fibra del tallo de la planta hay que enriarlo para descomponer las materias pécticas y leñosas.

El sistema más antiguo de enriado consiste en depositar el lino en unas cajas sumergidas en el río. Se aprovechan los meses más calurosos para una rápida fermentación y fácil secado, sistema no recomendable, ya que en la fermentación se desprende amoníaco y gas sulfhídrico, que arrastrados por la corriente del río, llegan a matar los peces. Otras posibilidades son las de realizar el enriado en agua estancada o bien dejando al aire libre, sobre la hierba, los fascículos de lino sometidos a las inclemencias meteorógicas. El rocío y el sol favorecen la acción enzimática de hongos y bacterias. Este tipo de enriado sobre tierra puede durar de tres a doce semanas. Actualmente se enría por procesos biológicos y/o químicos. Los microorganismos que actúan en la maceración son del tipo *Bacilo amylobacter*.

La parte leñosa de los tallos del lino, después de enriados y secos, se ha convertido en una sustancia poco flexible y quebradiza y al mismo tiempo se han disuelto una gran parte de sustancias pécticas que mantenían las fibras unidas entre sí. Para separar la hilaza conviene desmenuzar previamente esta parte leñosa por medio del agramado o magullamiento de los tallos reunidos en pequeños manojos. La materia leñosa triturada se llama cañamiza.

El espadillado consiste en golpear los manojos de lino ya triturados de manera que su acción sea principalmente un raspado y sacudido simultáneos para desprender la cañiza retenida entre la hilaza. El producto obtenido recibe el nombre de hilaza en bruto. A las fibras (desperdicio) que acompañan a la cañamiza se les llama estopa. De cada 100 kg de lino seco obtenemos, aproximadamente, 15 kg de hilaza en bruto y 2 kg de estopa.

Las fibras elementales miden de 10 a 60 mm, pero la fibra textil (agregación de fibras elementales o *hebra*) tiene una longitud que oscila entre 200 a 400 mm, con un diámetro de 10 a 35 micras.

Su alto peso específico permite obtener prendas con una caída bien característica. Es una fibra de fácil cuidado. Los tejidos de lino se limpian con gran facilidad ya que esta fibra tiene la particularidad de desprender, durante el lavado de la prenda, una costra superficial con la suciedad adherida.

El color de la fibra cruda varía, desde blanco (enriado químico), amarillento (enriado en agua) hasta gris plata a verdoso (enriado en tierra).

Presenta una excelente capacidad para absorber la humedad, produciendo una sensación de confortabilidad. Tiñe con colorantes directos, naftoles, tinas, sulfurosos y reactivos. Generalmente es sensible a los ácidos y resistente a solventes y álcalis.

Las fibras absorben y liberan el agua rápidamente, haciendo la tela de lino confortable para vestir en climas cálidos.

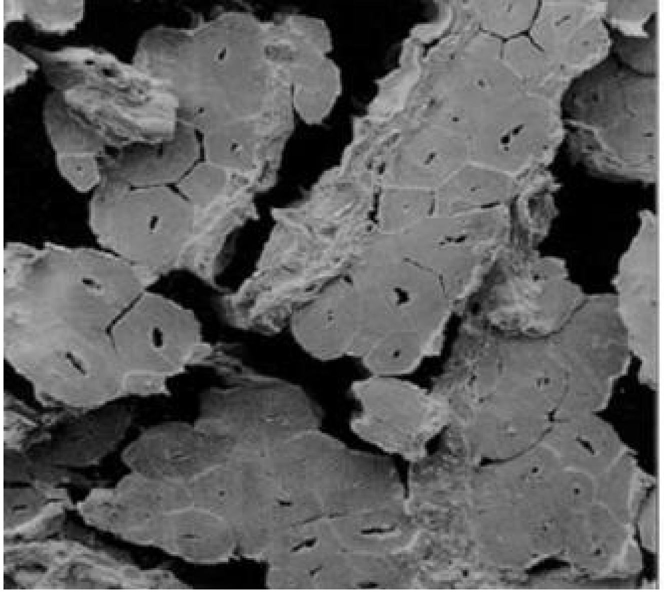
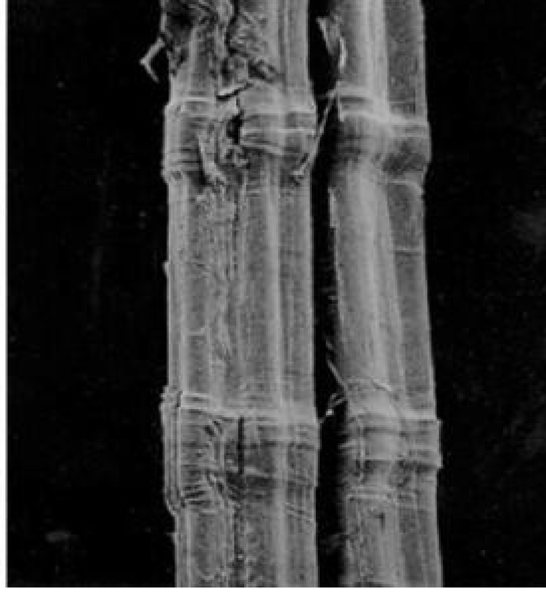



Fig. 26: Microfotografías de fibras de lino, en vistas seccional (izq.) y longitudinal (der.)

RAMIO

Procede de la planta *Boehmeria nivea*, originaria de China, que mide entre 1 a 2,5 metros de altura.

Después del algodón, posee la proporción más elevada de celulosa (aprox. 72%). El color de la fibra oscila entre amarillo y castaño, luego del blanqueo adquiere un blanco níveo.

Las fibras elementales tienen longitudes entre 60 a 260 mm, con un diámetro entre 20 a 30 micras.

Tiñe con colorantes directos, naftoles, tinas, sulfurosos y reactivos. Generalmente es sensible a los ácidos y resistente a solventes y álcalis.

YUTE

Las variedades textiles más importantes son la *Corchorus olitorius* y la *Corchorus capsularis*, ambas originarias del subcontinente indio y pertenecientes a la familia de las malváceas.

El color de la fibra al principio es blanco o ligeramente amarillento, con el tiempo se va oscureciendo hasta llegar a un gris pardo.

Es una fibra poco flexible y muy brillante. La humedad y los microorganismos la alteran rápidamente. Pierde resistencia en las exposiciones prolongadas a la luz solar.

Aunque los fascículos extraídos del tallo de la planta pueden tener hasta 4 metros, la fibra elemental mide entre 1 a 4 mm de longitud, aunque los fascículos extraídos del tallo pueden tener hasta 3 metros, con una finura de 15 a 20 micras.

Presenta una resistencia a los ácidos similar al lino y es menos resistente a los álcalis y más sensible al hipoclorito de sodio que el algodón. Resiste muy bien los solventes orgánicos.

SISAL

También llamado henequén, procede de la planta *Agave fourcroydes*, originaria de México

La fibra es de color blanco amarillento, es fuerte y resistente al agua, se compone de hebras de 60 – 160 cm de largo por 120 a 500 µm de diámetro, angulares o casi cilíndricas y más gruesas en la base. Cada hebra consiste en un haz fibrovascular o comúnmente de dos haces los que a su vez están compuestos de infinidad de células largas de tabiques gruesos, que según señala Blanxart (1954) presentan una longitud de 2 – 5 mm y de 10 – 30 micras de diámetro.

Se usa para cordelerias, tapetes y trabajos manuales.

CÁÑAMO

La fibra de cáñamo (también llamada *hemp*)se obtiene del líber de la planta *Cannabis sativa*, posiblemente originaria de la cordillera del Himalaya. Ésta crece fácilmente - hasta una altura de 4 metros. La producción de cáñamo está restringida en algunos países, en donde la planta se confunde con la marihuana.

El tratamiento de los tallos para la separación de la hilaza es similar al que se practica con el lino.

El diámetro de la fibra está entre 16 y 50 micras. Conduce el calor, tiñe bien, resiste el moho, bloquea la luz ultravioleta y tiene propiedades naturales antibacterianas.

El cáñamo ha sido usado por siglos para hacer ropa, lona y papel. Las fibras más largas pueden hilarse y tejerse para hacer un tejido rizado, similar al lino, usado en ropa, tapicería y cubiertas para pisos.

La mezcla con algodón, lino, seda y lana da al cáñamo mayor suavidad, mientras que le añade resistencia y durabilidad al producto.

ABACÁ

También llamado *cáñamo de Manila*, proviene de la planta *Musa textilis*, nativa de las Filipinas. Su altura puede alcanzar los 5 metros y crece en lugares cálidos y lluviosos. Es bastante parecida al plátano (*Musa × paradisiaca*), que pertenece al mismo género, pero se diferencia de éste en que sus frutos no son comestibles y en tener un follaje más erguido y angosto.

Es usado preferentemente en la elaboración de cuerdas, porque además de su enorme resistencia a la tensión, difícilmente se deteriora por la acción del agua dulce o salada y de otros elementos naturales, como el viento y el sol.

CAPOC

Proviene del árbol *Ceiba pentandra* (lupuna en Perú), originario de México, Centroamérica, el Caribe y norte de Sudamérica.

Es una fibra ligera, muy flotante, resistente, altamente inflamable y resistente al agua. No se puede hacerla girar, para torcerla, pero se usa como relleno de colchones, almohadas, tapicerías, muñecos, y para aislamientos. Anteriormente se había empleado en chalecos salvavidas y dispositivos similares.

ESPARTO

Es una fibra que proviene de dos especies de la misma familia: *Stipa tenacissima* y *Lygeum spartum*, se emplea en cestería y en la fabricación de calzados.

FORMIO

Proviene de dos plantas del mismo género:*Phormium tenax* y *Phormium colensoi*, originarias de Nueva Zelanda.

BONOTE

Se extrae de los tejidos que rodean la semilla de la palma de coco (*Cocos nucifera*), la cual es cultivada en 10 millones de hectáreas en las zonas tropicales. Hay dos tipos de bonote: la fibra marrón, la cual se obtiene de los cocos maduros, y la fina fibra blanca, que se extrae de los cocos verdes inmaduros luego de humedecerlos por hasta 10 meses.

Las fibras de bonote miden hasta 35 centímetros de largo con un diámetro de 12 a 25 micras. Entre las fibras vegetales, el bonote tiene una de las más altas concentraciones de lignina, que lo hace más fuerte pero menos flexible que el algodón e inadecuado para teñir. Su resistencia a la tracción es más

baja comparada con la del abacá, pero tiene buena resistencia a la acción microbiana y al daño por agua salada.

RAFIA

Esta fibra proviene de una veintena de plantas del género *Raphia*, se extrae de la capa interior de las hojas de palma.

KENAF

Llamado también cáñamo indio, se extrae del tallo de la planta *Hibiscus cannabinus*, originario del sur de Asia. Se emplea en la confección de cuerdas y tejidos gruesos.

Fibra	Alargamiento %		Tenacidad cN/tex		Peso específico g/cm^3	Regain estándar %
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo		
Algodón	3,7		26,4 – 43,1	29 – 56,3	1,5	*
Lino	1,5 – 4,5	2,5 – 6	29 – 33,4		1,49	12
Ramio	3,5		59,4	66	1,5	8,5**
Yute	1,5 – 2,5	1,5 – 2,0	26,4 – 35,2	28,1 – 48,4	1,5	17

Tabla 18: Características físicas de las fibras vegetales

* Fibra cruda: 8,5

  Hilo crudo: 7,0

  Hilo mercerizado: 10,5

** Fibra blanqueada

FIBRAS TEXTILES ANIMALES

LANA

Esta noble fibra proviene de la secreción del folículo piloso de las ovejas. Está compuesta de una sustancia orgánica compleja llamada queratina.

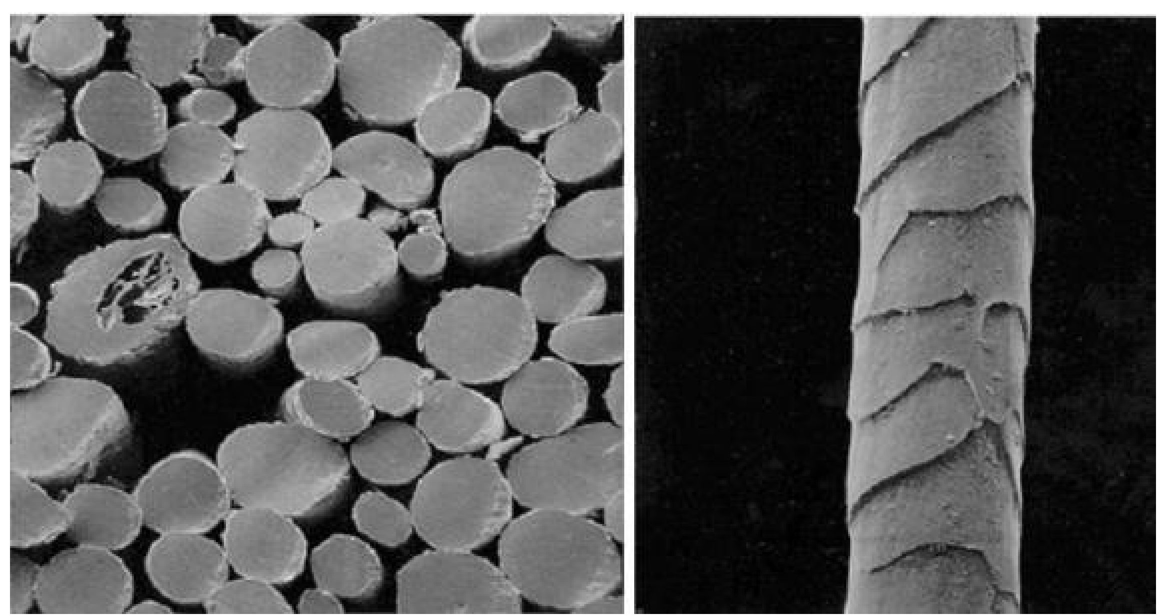


Fig. 27: Microfotografías de fibras de lana, vistas secciona (izq.) y longitudinal (der.)

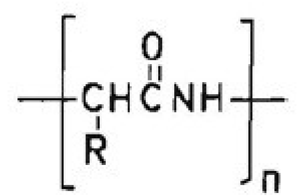


Fig. 28: Proteína (lana, pelos y seda)

FINURA

Es la medida objetiva de mayor importancia que define el destino industrial de la fibra y es, indudablemente, su cualidad más buscada. La finura de la lana determina:

- el precio de compra de la materia
- el límite de hilabilidad
- la suavidad al tacto y flexibilidad del producto

La finura se expresa en micras (1 μm = 10^{-3} mm), representa una de las particularidades más valiosas para su apreciación cualitativa o clasificación, que determina el uso final de la lana y la calidad de la misma.

Es, además, un carácter constante que contribuye a la diferenciación de las razas, ya que existen grandes variaciones de los diámetros en los tipos de lana que producen las distintas razas y

variedades ovinas. Su menor graduación se encuentra en la raza Merino, las más finas; y la mayor graduación, en la raza Lincoln, las más gruesas.

Raza	Finura (micras)	Longitud (cm)	Ondulaciones/cm
Merino Australiano	12 a 25	6 a 10	75 a 100
Corriedale	27 a 32	10 a 16	60 a 80
Romney Marsh	36 a 42	12 a 16	20 a 25
Lincoln	40 a 60	20 a 50	2 a 3

Tabla 19: Características físicas de la lana según la raza de las ovejas

Las fibras más gruesas son, en general, más rígidas y ásperas, dando cuerpo y dureza a las telas. También tienen mayor resistencia al arrugamiento. Generalmente se destinan para la fabricación de alfombras.

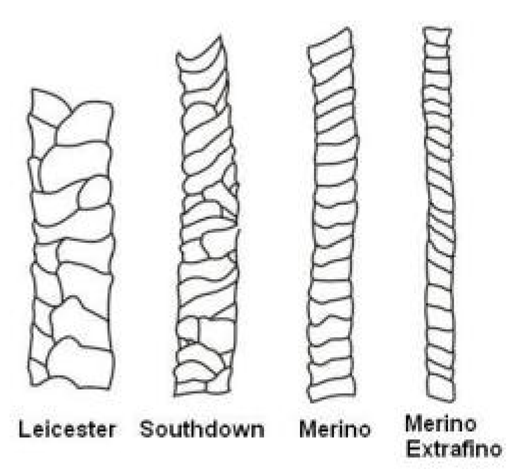


Fig. 29: Comparación de la finura de fibra entre las razas de ovejas

Las fibras más finas, dan mayor suavidad, las telas tendrán mejor caída, y permitirán realizar hilos más finos. Las lanas finas se emplean para la fabricación de prendas de vestir, suaves y de gran calidad. Las fibras de finura media se emplean en telas más pesadas

Además de variar entre animales de diversas razas, la finura también puede variar dentro de una misma raza y hasta dentro del mismo vellón.

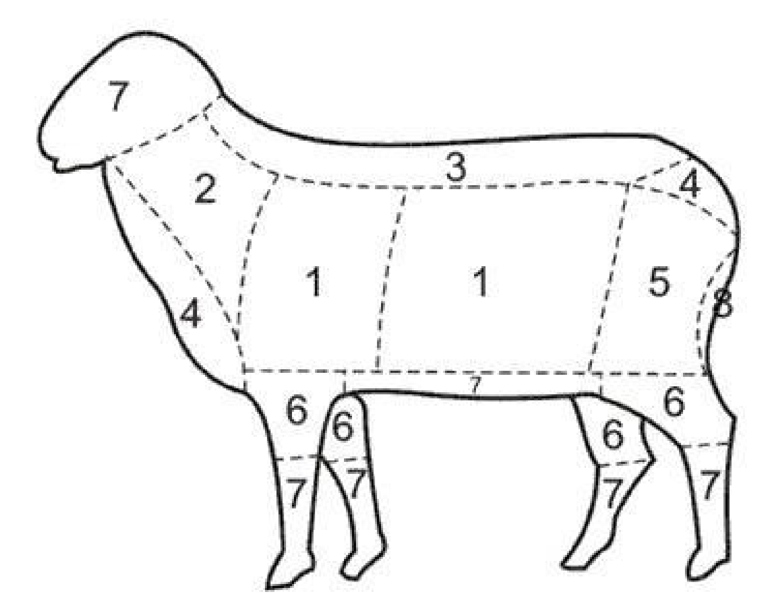


Fig. 30: Calidad de la fibra obtenida según la zona de esquila

Por razones fisiológicas o evolutivas, los folículos de la piel de un mismo ovino producen hebras de distinto tamaño, y a veces, las diferencias llegan a ser considerables; en ningún caso existe la igualdad absoluta de los diámetros, y difícilmente se encontrarán dos vellones que respondan a una distribución de finura idéntica.

En general las lanas, se agrupan en cuatro categorías según su diámetro:

- Lanas finas de 17 a 23 micras
- Lanas medias de 23 a 33 micras
- Lanas gruesas de 33 a 42 micras
- Lanas muy gruesas de 42 a 70 micras

¿De qué depende la finura de la lana?

Como en tantas otras particularidades, la herencia de caracteres morfológicos involucra al diámetro como regido por factores genéticos, pero sujeto a modificaciones, como consecuencia de las influencias que ejercen sobre la actividad de los folículos agentes de dos índoles diferentes:

- Endógenos: Edad y sexo
- Exógenos: Nutrición y clima

Influencia de la edad

A los largo de toda su vida, y a partir de la vida fetal, los ovinos experimentan en su lana un proceso evolutivo al margen de las modificaciones exógenas o exteriores.

- *Corderos*: En los animales jóvenes se pueden encontrar fibras meduladas desde el nacimiento, pero van desapareciendo paulatinamente hacia el año. A estas fibras o pelos duros, se los conoce en los corderos, como *halo*; pudiendo presentarse en grado variable, con tendencia a decrecer por la edad. Los corderos que fueron esquilados cuando eran jóvenes, o sea entre el 4º y 5º mes, tiene menos fibras meduladas que los que nunca lo fueron, porque con el primer vellón se les extrajo gran cantidad de ellas. Paulatinamente, y hasta que alcanzan el segundo año, se produce un perfeccionamiento de la fibra visible por el aumento del diámetro y la estabilidad de sus particularidades que, en condiciones normales, se mantienen hasta que el animal llega a la edad adulta.

- *Adultos*: A medida que el cordero se transforma en borrego y luego en adulto, algunos ovinos pierden finura; es decir que sus hebras de lana se van engrosando considerablemente, por el contrario, en algunos animales se puede observar una disminución del diámetro de las hebras, hasta el límite de asemejarse al que poseía en los primeros meses de vida.

Influencia del sexo

La lana de las ovejas suele ser de diámetro menor que la de los carneros de idéntica raza, tipo y edad.

Influencia de la nutrición

Es notable la acción que ejercen los factores de nutrición sobre el diámetro de la fibra de lana, determinando modificaciones que son apreciables en todo el largo de la misma o bien solo parcialmente, según la duración e intensidad con que gravitaron los problemas nutritivos sobre el organismo del animal.

Las deficiencias nutritivas determinadas por falta de alimentos, su mala calidad, o defectuosidad en su balance energético, se traducen en una reducción del grosor de las fibras durante el tiempo que el proceso carencial se prolonga y, una vez pasado el período de insuficiencia, el folículo recupera su capacidad de producir lana con su diámetro típico o normal.

Influencia del clima

En los sistemas de explotación extensiva de los ovinos, como es el caso de la Argentina, se presentan regiones con climas totalmente diferentes, que inciden sobre la flora y la naturaleza del suelo, y por lo tanto en la nutrición del animal.

Las sequías o las lluvias excesivas actúan en sentido opuesto, modificando la calidad y clase de los pastos y la constitución físico-química de los suelos, mientras que las temperaturas bajas o demasiado elevadas tienen efecto limitante y hasta impiden el desarrollo de la vegetación, fenómenos que, como es lógico, influencian la productividad lanera de los ovinos.

Las variaciones con relación a las estaciones de verano e invierno poseen un efecto similar, observándose una disminución del diámetro con los fríos intensos.

CLASIFICACIÓN DE LA LANA SEGÚN SU FINURA

Grosso modo, se pueden clasificar las lanas en tres grandes categorías correspondientes a cada una de las razas diferentes de las ovejas: lanas finas o merinas, lanas semi finas o cruzadas finas, lanas gruesas o cruzadas comunes.

Las lanas finas son producidas principalmente por ovejas pertenecientes a la raza merina originaria de España y actualmente muy expandida por los países de clima templado y seco (Australia y África del Sur).

De todos modos, es muy importante para una lana determinada, conocer el valor del diámetro medio de sus fibras.

Clasificación de las lanas (según Doehner, 1964)

Longitud (mm)	µ	Gran Bretaña	Francia	Alemania
50 – 80	16 – 18	80´s	130	AAA
30 – 50	19 – 20	70 / 80´s	120	AA
60 – 80	21 – 22	64´s	110 / 115	A
60 – 80	23 – 24	60 / 64´s	PX	A / AB
80 – 100	25 – 26	60´s	X_1	AB / B
100 – 120	27 – 28	58´s	X_2	B
100 – 120	29 – 30	56´s	X_3	C1
120 – 150	31 – 33	48 / 50´s	X_3	C2 / D
150 – 180	34 – 36	44 / 46´s	X_4	D1
160 – 180	37 – 39	44´s	X_5	D2
180 – 200	40 – 41	40´s	$X_{5/6}$	E
200 – 220	42 – 44	36´s	X_6	EE

Tabla 20

Medición de la finura de la lana

La finura de la lana se determina habitualmente después de ensayar uno de éstos tres métodos:

- Por microscopio de proyección (Lanameter, Zeiss o Proyectina); el espesor de la fibra se mide con la ayuda de una reglilla. Para la medida de alrededor de 500 fibras, son necesarias dos personas; la duración de este proceso toma de 1 a 2 horas. Aplicando una fórmula estadística, se puede establecer el valor del diámetro medio de fibra, su variabilidad y el porcentaje de fibras meduladas.
- Por la medida de la permeabilidad de la lana al aire (equipo Air-flow). Se introduce en un cilindro perforado, un tapón de fibras de 2,5 g situado bajo presión en un circuito de aire. Este método es más rápido, pero no proporciona más que valores *promedio*.
- Medición con láser, en el equipo OFDA. Éste es un analizador óptico de fibras que se caracteriza por ser el único instrumento portátil para la medición de finura y de otros parámetros de gran importancia al momento de decidir el destino de la lana. Permite medir directamente mechas enteras de lana sucia tanto en el laboratorio como en el campo con una enorme rapidez (25 segundos por muestra) y poder obtener un perfil de finura a lo largo de la mecha. Varios millares de fibras son testadas en pocos minutos, se establece el diagrama de finura y se calculan los CV.



Fig. 31 Microscopio de proyección



Fig. 32 Equipo Air-Flow



Fig. 33 Vista de las fibras de lana con el equipo OFDA

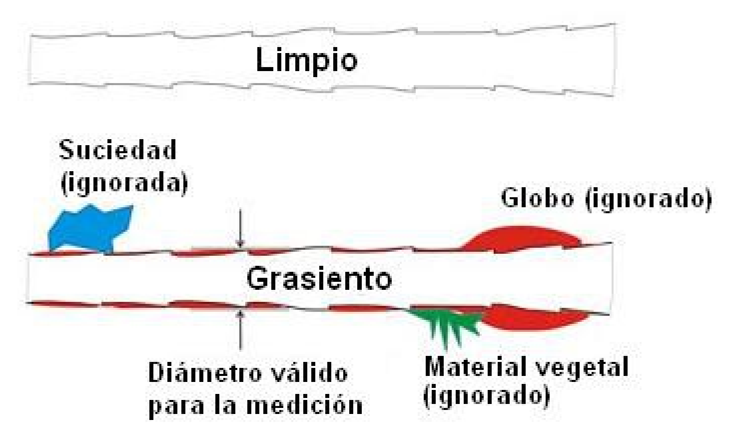


Fig. 34 El equipo OFDA permite medir la finura de la fibra, ignorando la grasa, suciedad, materias vegetales y los llamados globos.

LONGITUD

Un lote de lana se compone de fibras donde la longitud varía, desde prácticamente 0 hasta una longitud máxima.

Si en una determinada muestra, elegida al azar, nos proponemos retirar las fibras una a una, disponiéndolas una al lado de la otra, clasificándolas por orden de longitud, y tomando la alineación de uno de sus extremos sobre una misma línea recta, se obtendría un ordenamiento similar a la figura 35.

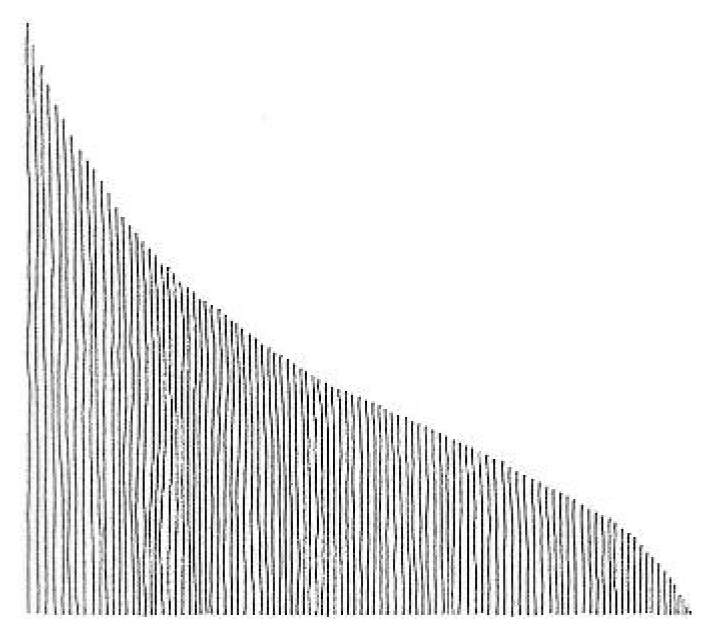


Fig. 35: Ordenamiento decreciente de las fibras de un mechón según su longitud (Diagrama de longitud).

Los extremos libres forman el trazado de una curva denominada diagrama. Este diagrama es en cualquier caso, una representación gráfica de la lana en cuestión y permite apreciar:

- la longitud máxima de las fibras
- la longitud media (o altura media)
- el grado de dispersión alrededor de la media
- el porcentaje de fibras cortas

Todos estos factores son determinantes para las condiciones de trabajo y de hilabilidad y su conocimiento es esencial, con el fin de compararlos con otros lotes. La longitud de las fibras está generalmente ligada a su finura: cuanto más fina es una lana, más peligra de ser corta, y viceversa.

Para definir la longitud media (definición muy importante) se sirve de los valores estadísticos: medias y coeficientes de variación. Esta noción de longitud media es determinante para las condiciones de trabajo de la fibra, para el reglaje de las máquinas así como para la regularidad y la resistencia del hilo. Esto influye en el valor del comprador del lote de lana.

La clasificación manual de las fibras de lana es una prueba muy útil en hilandería. En la industria lanera, hay expertos que clasifican la lana directamente del vellón del ovino, agrupándola según su longitud y finura. Las fibras de lana son de mayor longitud que el algodón, por lo tanto son más fáciles de manipular individualmente o en pequeños mechones.

Como se mencionó anteriormente, a la longitud media ponderada al número de fibras se le denomina longitud media (M); a la longitud media ponderada a la sección se le llama Altura (H); mientras que a la longitud media ponderada al peso se le llama Barba (B).

Coeficiente de variación de la longitud

En la apreciación de la longitud de las lanas, la noción de dispersión alrededor de la media, es igual o tal vez más importante que la altura media, ya que de ella dependen varios factores determinantes de las condiciones de trabajo.

ALPACA

Es un camélido originario de los Andes, su nombre científico es *Vicugna pacos*, se ha determinado que genéticamente deriva de la vicuña y en menor proporción, de la llama.

Existen dos razas de alpaca: Huacaya y Suri.

La longitud de la fibra oscila entre 150 a 300 mm, con una finura de entre 15 a 20 micras (vellón) y 35 a 50 micras (pelo).

La densidad de la fibra es 1,31 g/cm^3. Su color es blanco, gris, marrón o negro.

VICUÑA

Originario de los Andes, su nombre científico es *Vicugna vicugna*. Es el auquénido más pequeño, elegante y gracioso. Vive en estado silvestre y en el escudo de Perú representa a la fauna autóctona.

El color de la fibra es beige o marrón claro rojizo.

El pelo ordinario y corriente puede llegar hasta los 10 cm de longitud, con un diámetro comprendido entre 45 a 60 micras. El vellón tiene una finura extraordinaria (de 13 a 20 micras) y su longitud varía de 20 a 50 mm.

GUANACO

De la especie *Lama guanicoe*, su pelaje es más largo que el de la vicuña pero más corto que el de la alpaca. El diámetro de la fibra oscila entre 16 y 18 micras y es muy liviana porque, a diferencia de la lana y a semejanza con la vicuña, es hueca.

CAMELLO BACTRIANO

De nombre científico *Camelus ferus bactrianus*, se le considera originario de la región de Bactria (Asia Central). A diferencia del dromedario, presenta dos jorobas.

El color de la fibra es pardo oscuro a negro, su longitud varía en longitud, aunque es de una gran finura.

MOHAIR

Es el pelo de la cabra de Angora, que es el antiguo nombre de Ankara (Turquía).

Es una fibra suave y brillosa, de unos 25 cm de longitud y una finura de 40 a 50 micras, que depende del origen y de las condiciones en que viven las cabras.

CONEJO DE ANGORA

Al igual que la cabra que produce el mohair, proviene de Turquía. Es una variedad del conejo doméstico europeo (*Oryctolagus cuniculus*) con una característica especial: la fase activa del crecimiento del pelo es del doble que en los conejos normales. Es criado intensivamente en jaulas, con frecuencia en la semi-oscuridad, y su pelo es removido usualmente cada tres meses. Un angora adulto produce hasta 1,5 kg de fibra por año.

Existen muchas razas de conejo de Angora. Además del aprovechamiento de la fibra, su crianza actual se debe al empleo como mascotas, debido a su apariencia graciosa y carácter dócil.

Las fibras son sedosas, tienen de 11 a 16 micras de diámetro, siendo más delgadas que el cashmere.

Es una fibra hueca, muy suave al tacto, gracias al bajo relieve de su escala de cutícula. Los pelos son ligeros, absorben bien el agua y secan fácilmente.

Ligera pero caliente, la lana de angora es usada principalmente en prendas de géneros de punto como suéteres, bufandas, calcetines y guantes, produciendo un moderado efecto de desprendimiento de mota.

Las telas de angora son ideales para ropa térmica y para personas que sufren de artritis y alergias a la lana.

Los trajes hechos 100% de angora son considerados muy calientes y las fibras son demasiado finas para proveer densidad. Por lo tanto, generalmente se mezclan con otras fibras, como la lana para mejorar la eficacia de su procesamiento, su elasticidad y su uso en trajes confortables.



Fig. 36: Vista seccional de fibras de conejo.

CASHMERE

Proviene de la cabra kashmir (*Capra hircus laniger*), nativa de los Himalayas. Su fina capa base de pelo es recogida por peinado o esquila durante la temporada primaveral de muda. Después de la clasificación y desgrase, las fibras se separan de los pelos gruesos exteriores. El rendimiento anual promedio es de alrededor de 150 gramos por animal.

Los estándares de Estados Unidos establecen un promedio del diámetro para la fibra en no más de 19 micras, y el tope de calidad de la fibra es de sólo 14.

Tiene un rizado natural, que permite que sea hilada en finos tejidos ligeros. Además presenta pequeños espacios de aire entre las fibras, lo que la hace cálida y liviana, mientras que las células delgadas de la cutícula superficial la hacen más lisa y brillante.

Es una fibra lujosa, rara y costosa.

Es ampliamente usado en suéteres por su calidez y en ropa infantil por su suavidad. También es usada en sacos, abrigos, chaquetas y ropa interior. La *pashmina* es un tipo de cashmere, usada principalmente en bufandas y mantones, producida en el Valle de Kashmir. Un cashmere más grueso es usado para tapices y alfombras.

SEDA

Esta fibra es el producto de la secreción de las glándulas sericígenas de los gusanos *Bombyx Mori* (seda cultivada) y *Bombyx mandarina* (seda silvestre), que producen dos filamentos de fibroína (fibra de seda), separados entre sí por una materia gomosa llamada sericina.

La mayor parte de la producción de seda en el mundo se obtiene de la *Bombyx Mori*, que se cría alimentando las orugas con hojas de morera.

A los 40 días que la mariposa deposita los huevos, de color gris oscuro, sale la oruga. Ésta luego forma su capullo alrededor de su cuerpo e ingresa en un periodo de inmovilidad absoluta. En este estado el insecto se llama ninfa o crisálida y durante este tiempo se producen modificaciones profundas en su cuerpo, convirtiéndose al cabo de tres semanas en mariposa o insecto adulto, provisto de patas, alas y piezas bucales especiales para la succión de líquidos.

Cuando sale del capullo, la mariposa rompe los filamentos de seda unos después de otros. Casi inmediatamente se produce la unión sexual y la hembra pone sus huevos, completándose así el ciclo vital del gusano de seda.

Para evitar la ruptura de los filamentos, es necesario dar muerte al insecto cuando está en estado de crisálida, así se consigue la hebra completa. Las longitud de ésta es del orden de los 800 metros.

La finura de la seda *Bombyx Mori* ronda los 2,2 a 5,5 decitex, tiene una sección triangular, de lados redondeados ,cuyo *diámetro* oscila entre 12 a 25 micras.

Tiene una gran resistencia a la rotura por tracción y buena recuperación elástica, aunque inferior a la lana. Su tenacidad la hace más parecida a las fibras sintéticas (poliamidas) que a las naturales. Se descompone a los 170º C, por lo que la temperatura de planchado no debe superar los 150º C.

Los artículos de seda tienden a amarillear y pierden mucha resistencia cuando se exponen a la luz solar. Además presentan una baja resistencia a la abrasión

La seda *tussah* se obtiene de la oruga de la mariposa *Antheraea pernyi*, que se alimenta de hojas de encina. Esta fibra tiene sección alargada, que puede alcanzar las 65 micras de ancho. Tiene menor tenacidad que la del *Bombyx mori*.

Fibra	Alargamiento %		Tenacidad cN/tex		Peso específico g/cm^3	Regain estándar %
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo		
Lana	25 – 40	30 – 55	10,5 – 14,9	6,1 – 14	1,31	*
Seda	17 – 25	30	24,6 – 39,6	22 – 35,2	1,25	11,0

Tabla 21: Características físicas de las fibras animales

* Fibra lavada: 17,0

Hilo cardado: 17,0

Hilo peinado: 18,25

Tejido peinado o cardado: 16,0

FIBRA TEXTIL MINERAL

ASBESTO

Asbesto o amianto, es el nombre dado a varios minerales naturales (antofilita, tremolita, grunerita, etc) que se producen en una forma cristalina fibroso. El asbesto textil (asbesto blanco) es el crisotilo, cuya densidad oscila de 2,1 a 2,8 g/cm^3.

Es inicialmente desmenuzado para abrir la masa de fibras, seguido del cardado e hilado para producir fibras de sección circular 1 – 30 cm de longitud. El amianto es muy resistente al calor y a la combustión, a los ácidos y álcalis, y a otros productos químicos. Aunque tiene poca tenacidad, no se deteriora con el uso normal, y no es atacada por insectos o microorganismos.

Se utiliza en prendas a prueba de fuego, cintas transportadoras, pastillas de freno, juntas, empaquetaduras industriales, bobinas eléctricas, aislamientos y materiales de insonorización.

Inhaladas, estas fibras han demostrado ser peligrosas para la salud, y han sido retiradas del mercado textil.

FIBRAS MANUFACTURADAS (QUÍMICAS)

Durante miles de años, el uso de las fibras estaba limitado a aquellas disponibles en el mundo natural, además por las cualidades no deseables inherentes de cada una de ellas: el algodón y el lino se arrugaban continuamente, la seda era costosa y requería de cuidados especiales, la lana se encogía al lavarse, se fieltraba y era irritante al tacto. Poco a poco fue apareciendo la necesidad de encontrar la fibra ideal.

Son hechas por el hombre y pueden ser obtenidas de polímeros naturales o de polímeros sintéticos, las primeras son generalmente conocidas como fibras artificiales y las segundas se denominan sintéticas.

Las fibras químicas fueron creadas inicialmente con un solo objeto: servir de ayuda a las fibras naturales, ya sea en periodo de escasez o de elevado coste. Actualmente su empleo se debe a la posibilidad de adaptar sus características a cada uso específico, creando nuevas fibras para responder las exigencias del mercado, mientras que las fibras naturales deben ser utilizadas con sus características inherentes e inmutables. Así, por ejemplo, el rayón ha reemplazado al algodón en los tejidos para neumáticos, la poliamida ha sustituido casi por completo a la seda en las medias de damas, y en lencería fina.

¿Qué es un polímero?

Es una gran suma de moléculas que se obtiene mediante la repetición de unidades simples (monómeros) unidas entre sí mediante enlace covalente. A su vez, los polímeros forman largas cadenas que se mantienen unidas por puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals o interacciones hidrofóbicas.

En toda fibra (sea ésta natural o manufacturada), durante su formación, la orientación de las cadenas poliméricas por medios naturales o mecánicos presenta zonas cristalinas ordenadas y zonas amorfas (no ordenadas).

Para un monómero A, la secuencia de eventos en la formación de la fibra y su orientación aparecer como se indica en la fig. 37.

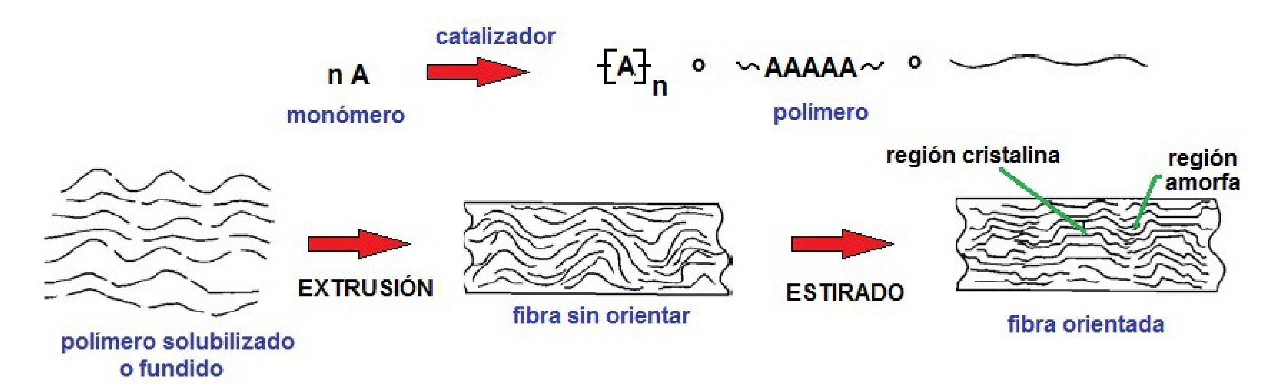


Fig. 37: Creación de fibras sintéticas a partir de monómeros

El grado de polimerización indica cuántas unidades repetitivas se encuentran en un polímero. Se suele indicar esta cantidad con una **n** al final de los corchetes que indican la unidad monomérica.

La masa molar (llamado también peso molecular) es la masa de una sustancia por unidad de cantidad de sustancia. Su unidad de medida en el SI es kilogramos por mol (kg/mol), aunque se expresa casi siempre en gramos por mol (g/mol).

Fibra	Grado de polimerización	Masa molar promedio
Rayón viscosa	250 – 700	40 000 – 100 000
Rayón cupro	500 – 600	
Acetato	220 – 300	
Poliamida (6 y 6.6)	100 – 180	15 000 – 30 000
Poliéster	130 – 220	17 000 – 20 000 (normal) 28 000 – 40 000 (HT)
Acrílico	1 000 – 2 000	30 000 – 70 000
Clorofibra	1 300 – 1 800	
Polipropileno		200 000 – 350 000
Elastano		50 000 – 100 000

Tabla 22: Características moleculares de algunos polímeros

El diagrama de flujo que se aplica a los diversos tipos de métodos de hilatura de las fibras manufacturadas[6] se muestra en la fig. 38.

6 Se exceptúan de este esquema general a las fibras metálicas y de carbono, como se verá más adelante.

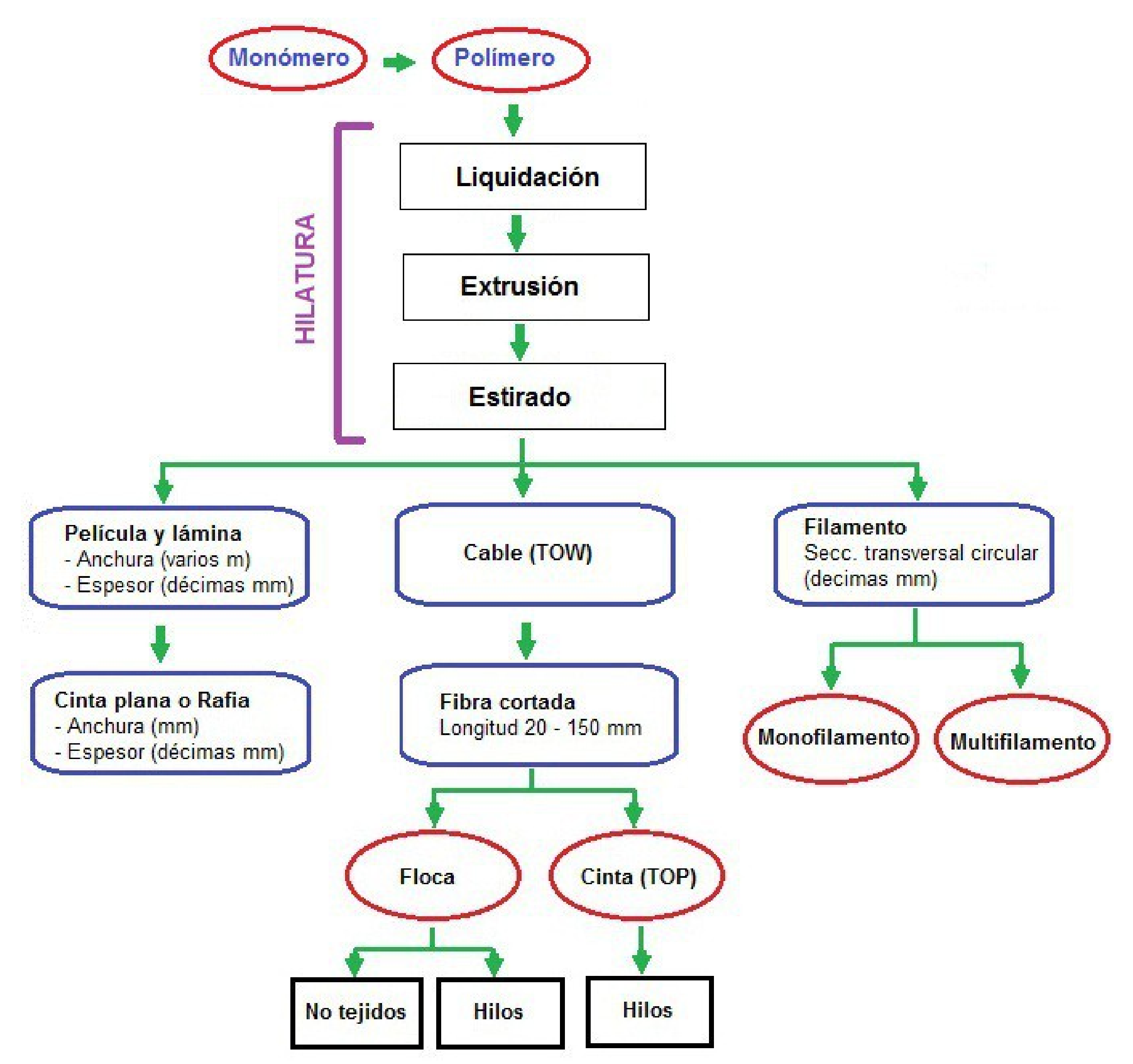


Fig. 38: Esquema general de las fibras manufacturadas

HILATURA DE FIBRAS MANUFACTURADAS

El término *hilatura* define el proceso de extrusión a través de dispositivos perforados (hileras) de una masa fluida de polímeros, capaz de solidificarse en un flujo continuo. Este proceso de hilatura a veces se designa como *química*, para distinguirla de la hilatura mecánica o hilandería.

LIQUIDACIÓN DEL POLÍMERO

El procesamiento de los polímeros del estado sólido al estado líquido puede tener lugar con dos métodos:

1. **Por fusión:** este método puede ser aplicado en polímeros termoplásticos que muestran comportamientos estables a temperaturas de proceso (este método es utilizado en la manufactura del 70% de las fibras).

2. **Por solución:** el polímero es disuelto en concentraciones variables, de acuerdo con su tipo y el disolvente, para producir un líquido suficientemente viscoso (este método es utilizado para elaborar el 30% de las fibras).

La hilatura por fusión es definitivamente preferible, pues implica una simple transformación del estado físico, sin embargo, sólo se puede aplicar a polímeros que tienen una temperatura de fusión (PA 6, PA 6,6, PES, PP), mientras que la hilatura por solución se utiliza cuando los polímeros se degradan a una temperatura inferior a la temperatura de fusión (fibras de celulosa, PAN). Este último método es evidentemente más complicado que la hilatura por fusión, debido por un lado a la necesidad de disolver el polímero en un solvente apropiado, y por el otro a la necesidad de separar y recuperar el polímero después de la extrusión.

En el caso de la hilatura por fusión, el polímero extruído, debido a su rápido enfriamiento, se transforma directamente en un filamento mientras la forma de la sección transversal resultante de la geometría de filamento se mantiene sustancialmente sin cambios; por el contrario, en el caso de la hilatura por solución, los filamentos extruidos están sujetos a considerables cambios estructurales provocados por el proceso de extracción del disolvente de la masa del polímero.

EXTRUSIÓN

La masa del polímero líquido (fundida o en solución) es guiada a través de líneas de distribución hacia las bombas de dosificación, que garantizan una velocidad de flujo constante a los puestos de hilatura, compuestos de una serie de filtros que purifican y distribuyen el polímero; éstos se acoplan con placas perforadas (toberas) de grosor y tamaño variable, generalmente circulares y están hechos de acero inoxidable especial (para hilatura por fusión), pero también de metales preciosos o de material vítreo (hilatura por solución).

Los orificios, cuyo número en la tobera varía en función del tipo de fibra y puede alcanzar varios miles, pueden tener forma circular o formas especiales (diversas formas o huecas).

Los filamentos extruidos de las hileras, después de ser convertidos nuevamente a su estado original de polímero sólido, se recogen en formatos adecuados (bobinas, canillas), o son llevadas directamente a las fases posteriores de procesamiento.

En el caso de hilatura por fusión, si el polímero no deriva ya en un estado fundido, la masa fluida se obtiene a través de la fusión de los granos de polímero sólido (chips). Esta operación se lleva a cabo originalmente en el interior de recipientes (tubos) que se calientan eléctricamente y equipados con rejillas para separar los granos sólidos del polímero durante la fusión (dispositivo de fusión de rejilla). El uso de tal sistema en la actualidad está limitado sólo a unas pocas aplicaciones y ha sido sustituido por dispositivos más fiables y eficientes (extrusor de tornillo).

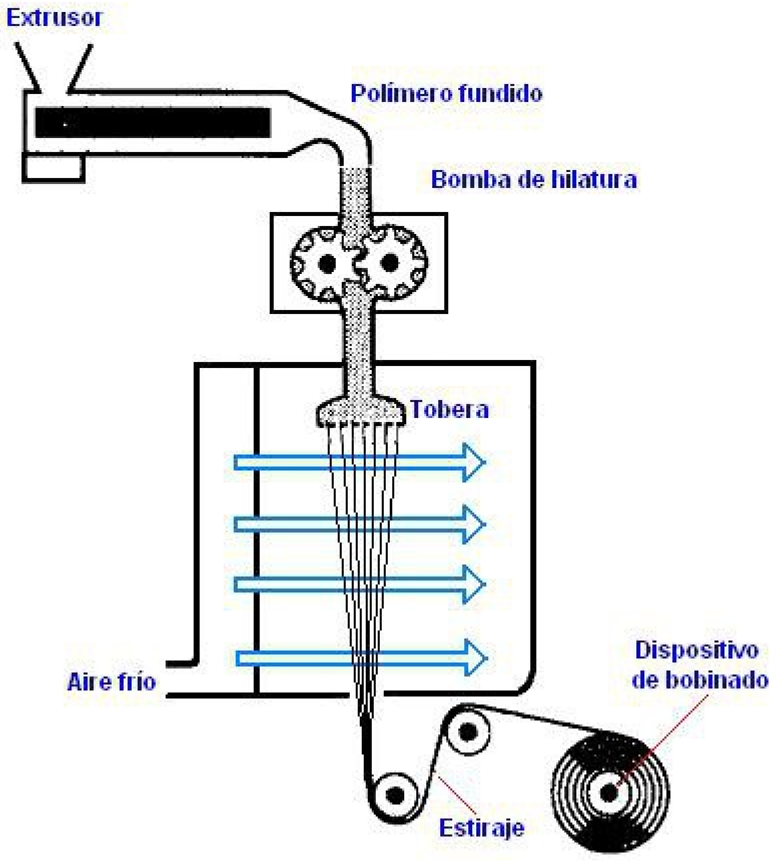


Fig. 39: Hilatura por fusión

En la hilatura por solución, la eliminación del disolvente puede tener lugar de dos maneras:

Hilatura en seco

El disolvente se elimina por gas caliente, adecuadamente dirigido a los filamentos extruidos; la temperatura del gas debe ser superior a la temperatura de ebullición del disolvente, que se extrae de los filamentos, se recupera y se recicla.

La solidificación del filamento ocurre de acuerdo al grado de evaporación del disolvente: se produce más rápidamente en las capas externas del filamento (creando así una corteza o piel), y sucesivamente se ralentiza mientras sigue avanzando hacia el interior.

Como consecuencia del intercambio de masa, la sección transversal original (redonda) del filamento sufre una contracción, generando secciones transversales características de los distintos tipos de fibras.

Hilatura en húmedo

Se basa en la introducción de un polímero viscoso extruído en un baño de coagulación, normalmente agua. Este baño se comporta como un solvente del disolvente del polímero y no disuelve al polímero.

Prácticamente el disolvente que está contenido dentro la fibra en estado amorfo (gel) se extiende hacia el baño, al mismo tiempo que el líquido del baño se extiende hacia el interior de la fibra.

Las velocidades de procesamiento dependen de varios parámetros, como el tipo y la concentración del disolvente polimérico y del baño, que provocan variaciones estructurales en la fibra.

En particular, la formación de una corteza externa y más compacta, similarmente a lo ocurre en la hilatura en seco, ralentiza la coagulación de la porción interior del filamento (núcleo), creando así irregularidades con una estructura más o menos porosa (formación de huecos).

La sección transversal de la fibra resultan más o menos modificada, de la original forma redonda a una forma lobulada, con una superficie rugosa.

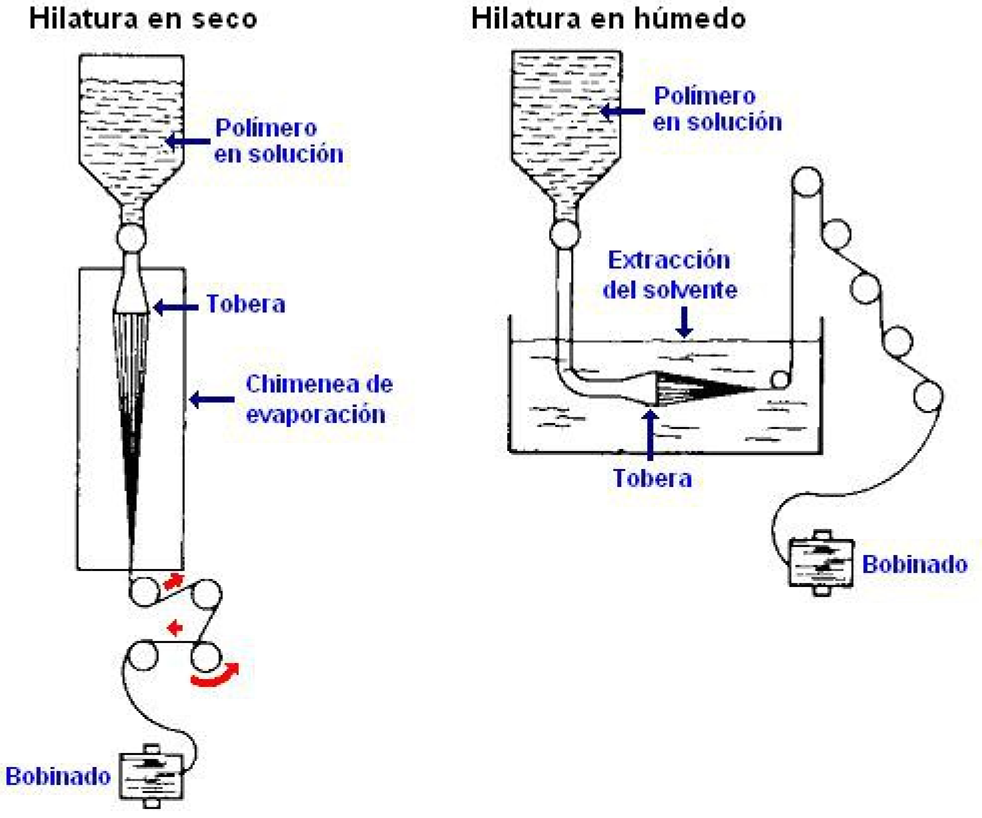


Fig. 40: Hilatura por solución; en seco y en húmedo.

Perfiles de las toberas

La forma del agujero por donde fluye el polímero, determinará – en principio – el forma seccional de la fibra, a continuación se muestran en las figuras 41, 42 y 43 el perfil de la tobera (filas superiores) y el perfil de la fibra (filas inferiores).

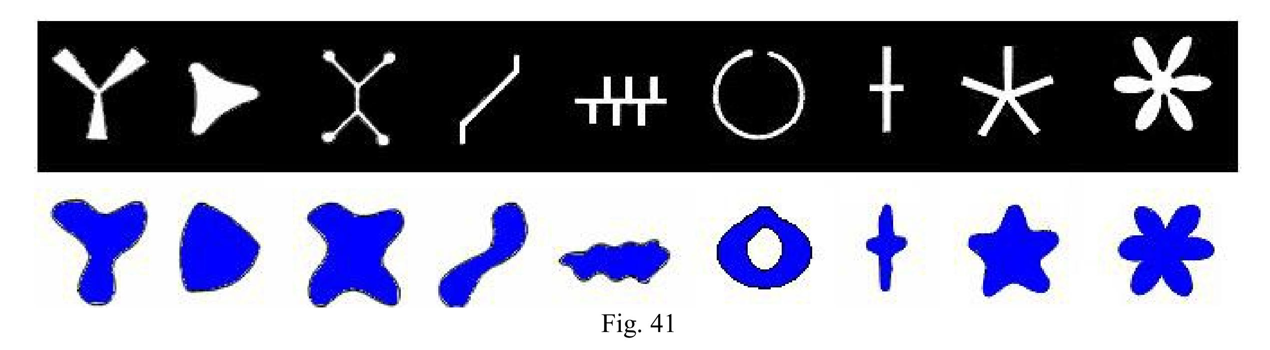


Fig. 41

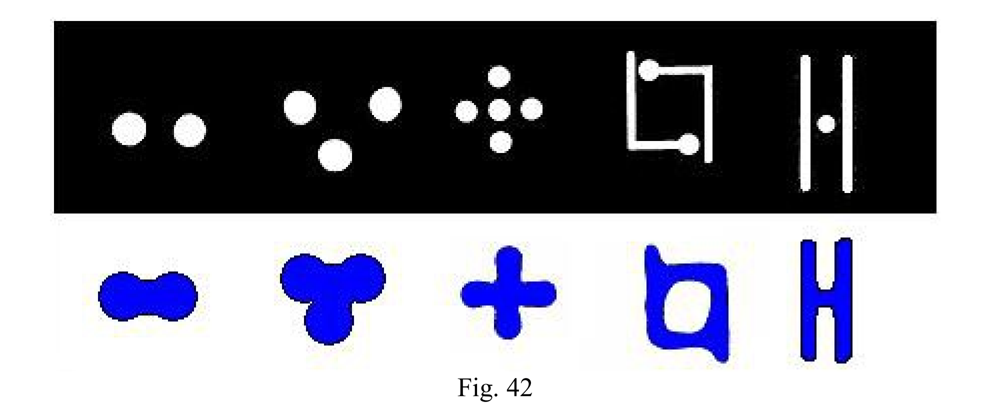


Fig. 42

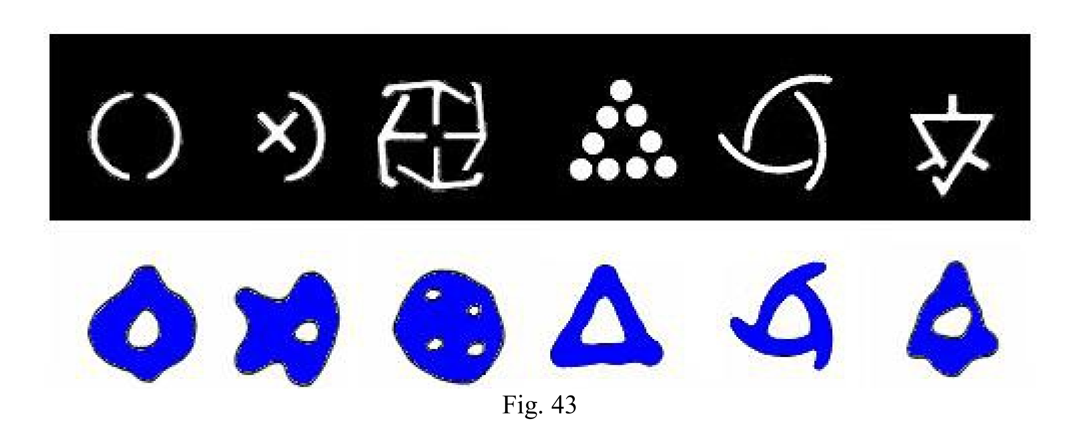


Fig. 43

Cálculos

Las relaciones que conectan algunos parámetros de hilatura (y se calculan para polímeros fundidos) son los siguientes:

Velocidad de flujo de polímero

$$m_F = \frac{V_F \cdot dtex}{10000}$$

Donde:

m_F : cantidad del polímero por cada hilo (g/min)

V_F : velocidad de salida (m/min)

dtex : título decitex del hilo

Si se conoce el título denier y el estiraje, la relación es:

$$m_F = \frac{V_F \cdot Td \cdot E}{10000}$$

Velocidad de extrusión del polímero fundido

$$V_B = \frac{4 \cdot m_B}{\pi \cdot \phi^2 \cdot \rho}$$

Donde:

V_B : velocidad de extrusión en la tobera de hilatura (m/min)

m_B : cantidad de polímero por tobera (g/min)

Ø : diámetro del agujero (mm)

ρ : densidad del polímero fundido (g/cm^3)

Ratio de hilatura

$$Q = \frac{V_F}{V_B}$$

	Hilatura por fusión	Hilatura por solución	
		Hilatura en húmedo	Hilatura en seco
Principio	Intercambio térmico a alta temperatura hasta el punto de fusión	Intercambio de masa	Intercambio térmico + intercambio de masa
Viscosidad del polímero fundido	Alta	Media	
Presión de operación	Alta (100 – 300 bar)	Media a baja (por encima de 20 bar)	
Toberas	Acero de grosor adecuado (2 mm a más). Diámetro de agujeros: 0,15 – 0,5 mm	De varios materiales (acero, metales nobles, vidrio). Diámetro de agujeros: 0,025 – 0,25 mm	
Velocidad de hilatura	Alta Hilo: arriba de 6000 – 7000 m/min Tow: arriba de 1000 – 1500 m/min	Baja Hilo: < 200 m/min Tow: 5 – 40 m/min	Media Hilo: arriba de 1000 m/min Tow: 200 – 600 m/min
Sección transversal de la fibra	Sigue la forma del agujero	Usualmente deformada (desde redondeada a lobulada)	
Estructura de la fibra	Estructura compacta, sin arrugas	Microporosa con superficie rugosa	Microporosa con superficie compacta
Fibra	PA, PES, PP	PAN, CV, CUD, CMD, EL	CA, CT, EL, PAN

Tabla 23 Comparación entre los diferentes sistemas de hilatura química

ESTIRADO

El polímero extruído por las hileras en forma de filamentos aún no tiene las propiedades que son típicas de una fibra textil: de hecho, la masa del polímero (solidificado por enfriamiento o eliminación del disolvente) presenta cadenas moleculares desordenadas (en estado amorfo), que proporcionan al material pobres estabilidades térmica y química, baja resistencia al envejecimiento, alta plasticidad y deformabilidad y – en consecuencia – insuficientes propiedades físico-textiles.

Si tomamos como modelo a las fibras naturales, es necesario orientar las cadenas moleculares (fase de orientación) en la dirección del eje de la fibra y, al mismo tiempo o sucesivamente, activar o aumentar la disposición ordenada de la estructura intermolecular (fase de cristalización).

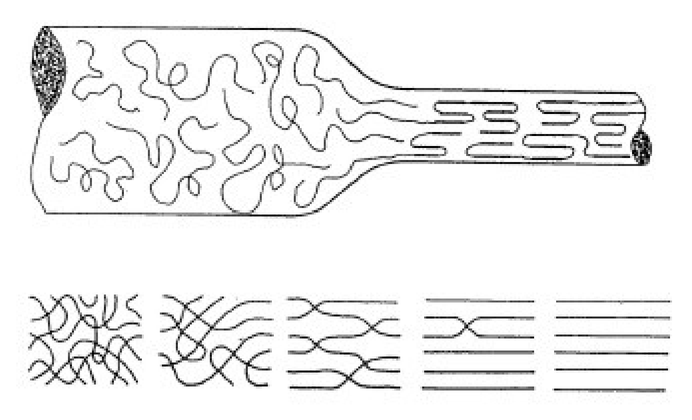


Fig. 44: Orientación de las cadenas poliméricas en una fibra

Este proceso puede ser parcialmente activado durante la hilatura, aumentando la relación entre la velocidad de recogida y la velocidad de extrusión (ratio de hilatura) pero, exceptuando el caso de la hilatura a alta velocidad de filamentos continuos, debe ser completado por una operación adicional de estirado mecánico.

El proceso implica enrollar los hilos sobre rodillos o cilindros que giran a alta velocidad y puede llevarse a cabo de manera continua en los filamentos procedentes de la cámara de hilatura (proceso de una etapa) o en los filamentos procedentes de una fase posterior a la hilatura (proceso de dos etapas).

La relación entre la velocidad de los rodillos de entrega (o de estirado) y los rodillos de alimentación es el estirado.

La configuración mecánica de los elementos de rotación y la trayectoria de filamento están diseñados con el fin de garantizar el equilibrio entre la velocidad de la fibra y la velocidad de los órganos de contacto.

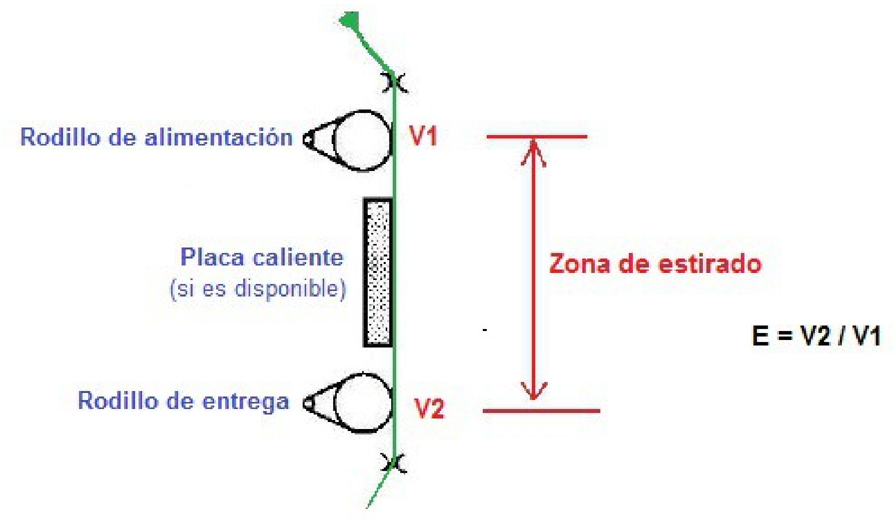


Fig. 45: Principio del estirado de fibras químicas

Las magnitudes del estirado son variables y dependen de la tipología de la fibra, el proceso de producción y las características de uso final: pueden fluctuar entre valores ligeramente superiores a 1 (≈ 1,2 para fibras celulósicas tradicionales) y 10 (para fibras acrílicas).

Los estirados usuales para fibras termoplásticas se sitúan entre 3 y 5; valores superiores identifican a las fibras para aplicaciones técnicas.

Las condiciones óptimas para el estirado de la fibra se alcanzan cuando las cadenas moleculares muestran una alta movilidad y fluencia; en la práctica este resultado se alcanza aumentando la temperatura a niveles superiores a los de transición vítrea, o por la introducción de plastificantes que hacen más deformable a la estructura, pudiéndose reducir la temperatura de transición vítrea.

Desde un punto de vista operativo, la zona de estirado puede funcionar a temperatura ambiente (estirado en frío) o en presencia de calor (estirado en caliente) y se compone de rodillos, placas de contacto, cámaras de aire caliente o vapor y tinas de inmersión.

Con el fin de proporcionar estabilidad térmica a las fibras estiradas, por lo general éstas se someten también a un tratamiento con temperaturas superiores a la del estirado, bajo tensiones controladas o libre de ellas, a fin de eliminar las tensiones internas por medio del reajuste de los enlaces químicos intermoleculares y del grado de cristalización.

PRODUCCIÓN DE FILAMENTOS CONTINUOS Y DE FIBRA CORTADA

Como ya se ha mencionado, desde un punto de vista morfológico las fibras se pueden dividir en fibras discontinuas y en fibras continuas (filamentos).

Esta distinción se aplica también a las fibras naturales, aunque sólo ocurre un caso de filamento continuo: la seda, disponible en la naturaleza sólo como monofilamento[7] y en cantidades limitadas.

Sólo con la llegada de las fibras sintéticas y artificiales, los filamentos continuos adquirieron gran importancia, dando lugar a innovadores procesos de transformación y campos de aplicación.

Teóricamente, cada fibra manufacturada puede originar filamentos continuos o fibras discontinuas; en la práctica, razones de producción y aplicación han condicionado el uso de una forma u otra de la fibra: el elastano se produce exclusivamente como filamento continuo, y el nylon mayormente en esta forma; el poliéster, polipropileno y rayón viscosa se producen en ambas formas (filamento y fibra discontinua), mientras el acrílico se produce casi exclusivamente en forma de fibra discontinua.

Aunque los principios de producción son idénticos para las fibras continuas y discontinuas, los dos procesos difieren considerablemente en cuanto a la construcción de las instalaciones.

7 Siendo estrictos en la definición, en realidad la seda está compuesta de dos filamentos, que provienen de sendas glándulas a través de un orificio en la cabeza del gusano.

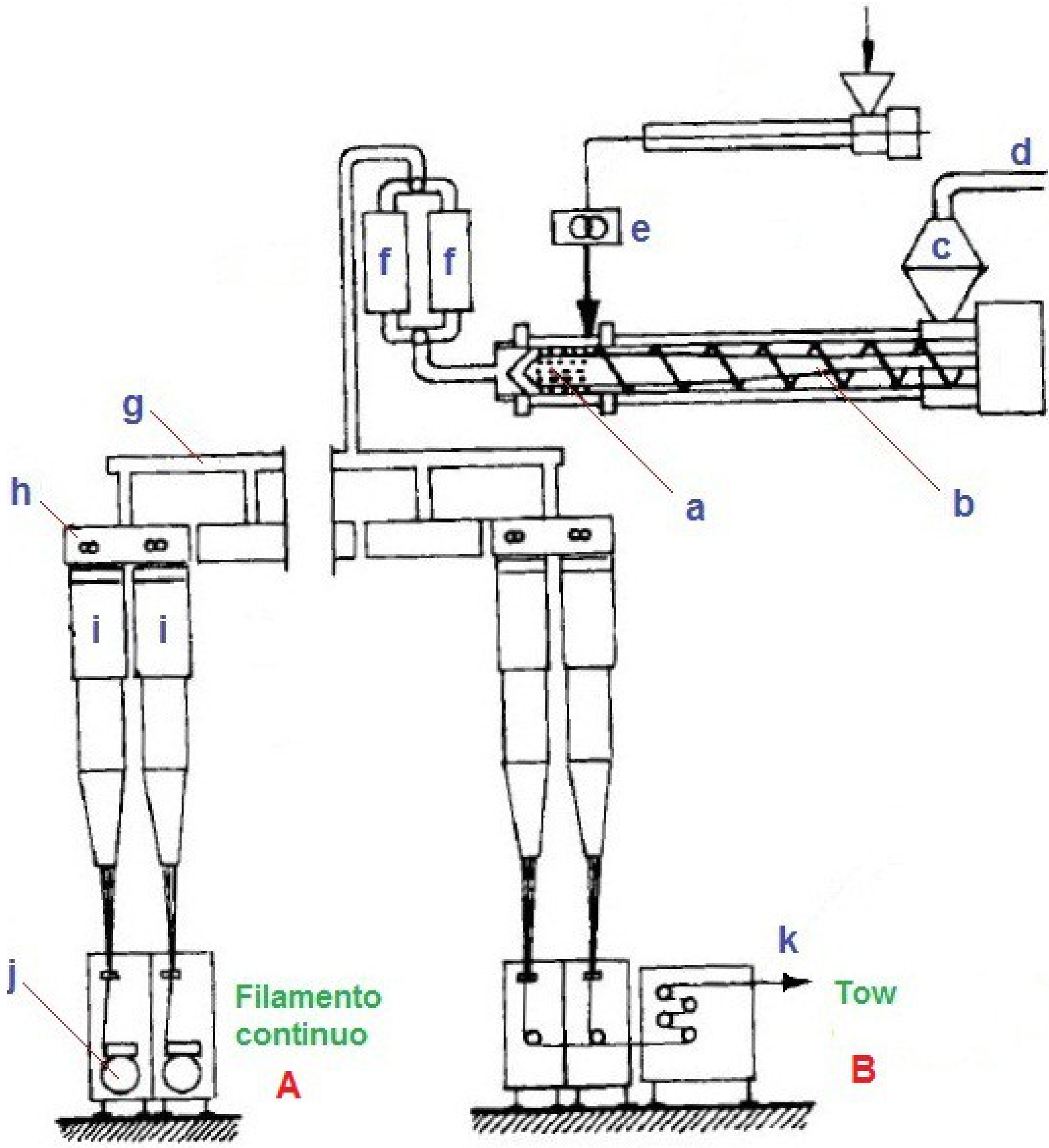


Fig. 46: Líneas de hilatura por fusión para filamentos y fibras discontinuas

a) Mezclador
b) Extrusor de tornillo
c) Tolva
d) Linea de alimentación de chips
e) Bomba de engranajes rotatorios
f) Filtros continuos
g) Linea de distribución
h) Cilindro tomador
i) Cámara de enfriado
j) Cabezal de salida
k) Tow para fibra discontinua

HILOS DE FILAMENTOS CONTINUOS

Los filamentos continuos pueden estar compuestos de un solo filamento (hilos monofilamento) o de varios filamentos (hilos multifilamento) y son descritos mediante abreviaturas: la primera cifra indica la masa lineal total (expresado en decitex u ocasionalmente en denier), la segunda cifra indica el número de filamentos y una tercera muestra las torsiones por unidad de longitud (VPM o VPP) impartida al hilo.

- Los **monofilamentos** tradicionales para uso textil tienen densidades lineales de 10 a 50 dtex (finura gravimétrica) aproximadamente; los monofilamentos con densidades lineales mayores usados en aplicaciones técnicas, son identificados por el diámetro de la sección transversal redonda (finura diametral).
- Los **multifilamentos** tienen variable número de filamentos (hasta 300 para usos textiles tradicionales, y 1000 – 2000 para usos técnicos y revestimiento de suelos) y la densidad lineal de cada uno de los filamentos oscila de 0,4 a 5 dtex.

  Un hilo puede ser considerado como microfilamento cuando la densidad lineal de cada filamento es inferior a 1 dtex. Por regla general, el número de filamentos en un microfilamento es mayor que la densidad lineal del hilo (por ejemplo: 200 dtex/220 filamentos).

  El hilo extruído por la hilera presenta filamentos lisos y paralelos.

  Debido a requisitos de procesamiento y aplicación, los filamentos paralelos son en su mayoría unidos entre sí por medio de puntos de enredo (fig. 47) o por torsión (fig. 48); por otro lado hay filamentos formando cintas planas, caracterizados por su rigidez y bajo poder de cobertura, que luego son convertidos en hilos rizados u ondulados (hilos texturizados).

  Las hileras que producen los hilos de filamentos continuos generalmente tienen un número de orificios igual al número de filamentos que componen el hilo; no obstante, existen también algunos casos en los que la hilera produce varios filamentos, que son sucesivamente enrollados en bobinas separadas, o casos en los que varias hileras producen un único hilo que se enrolla en una sola bobina.



Fig. 47: Hilo multifilamento con puntos de enredo

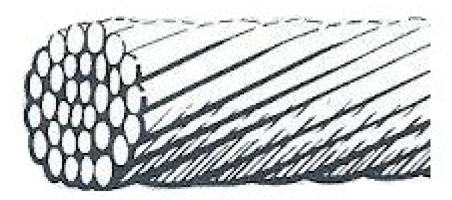


Fig. 48: Hilo multifilamento con con cohesión de fibras mediante torsión

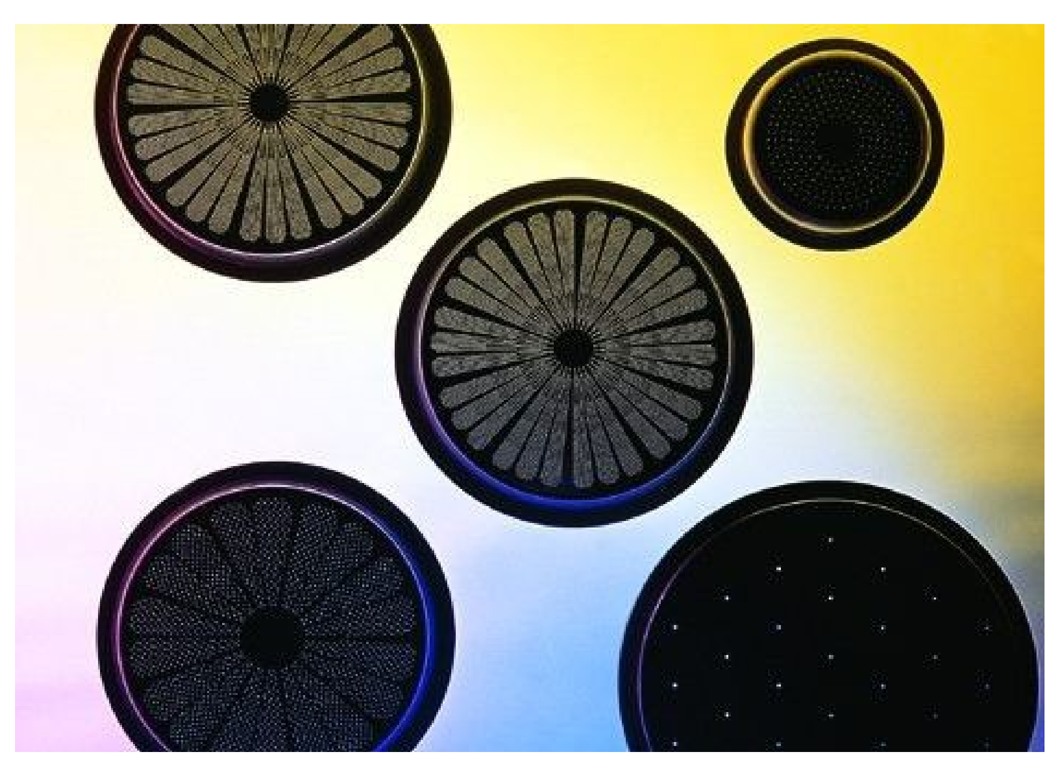


Fig. 49: Toberas o boquillas de extrusión

El esquema general de una línea de hilatura para polímeros termoplásticos, es decir, hilados por fusión (fig. 46-A) consiste de:

- una o más unidades, cada una compuesta de un extrusor de tornillo
- sistema de distribución
- cabezal de hilatura
- bombas dosificadoras
- hileras (hasta 8 u 8x2 por posición)
- chimeneas de hilatura
- enrolladores (hasta para 8 bobinas)

En una primera zona se coloca en posición vertical las toberas de hilatura, los filamentos son tocados transversalmente por un flujo controlado de aire frío (zona de enfriamiento), donde se enfrían y solidifican. En una segunda zona, donde los filamentos se reúnen, son lubricados por contacto o pulverización. De ser necesario, se unen entre sí mediante puntos de enredo (producidos por toberas de aire) y se enrollan en bobinas cilíndricas.

La velocidad de recogida (salida) juega un papel de fundamental importancia en el establecimiento de las características del hilo. En lo que se refiere a la hilatura tradicional, las velocidades pueden variar, dependiendo de la fibra, de 1000 a 1800 m/min; bajo estas condiciones, el polímero permanece sustancialmente amorfo, apenas orientado, con una alta propensión a la degradación y al envejecimiento, y requiere – en consecuencia – ser rápidamente (es decir dentro de unos pocos días) procesado.

La velocidad de salida determinará el ratio del estirado y por ende, la intensidad de orientación del polímero. Es por ello que, en el caso de los multifilamentos, se anexa un acrónimo para indicar el grado de orientación.

- **LOY**

Low oriented yarn. Velocidad de producción de 1000 – 1800 m/min.

- **MOY**

  Middle oriented yarn. Velocidad de producción de 1800 – 2800 m/min.

- **POY**

  Pre oriented yarn. Velocidad de producción de 2800 – 4000 m/min.

- **HOY**

  High oriented yarn. Velocidad de producción de 4000 – 6000 m/min.

- **FOY**

  Fully oriented yarn. Velocidad de producción de superior a 6000 m/min.

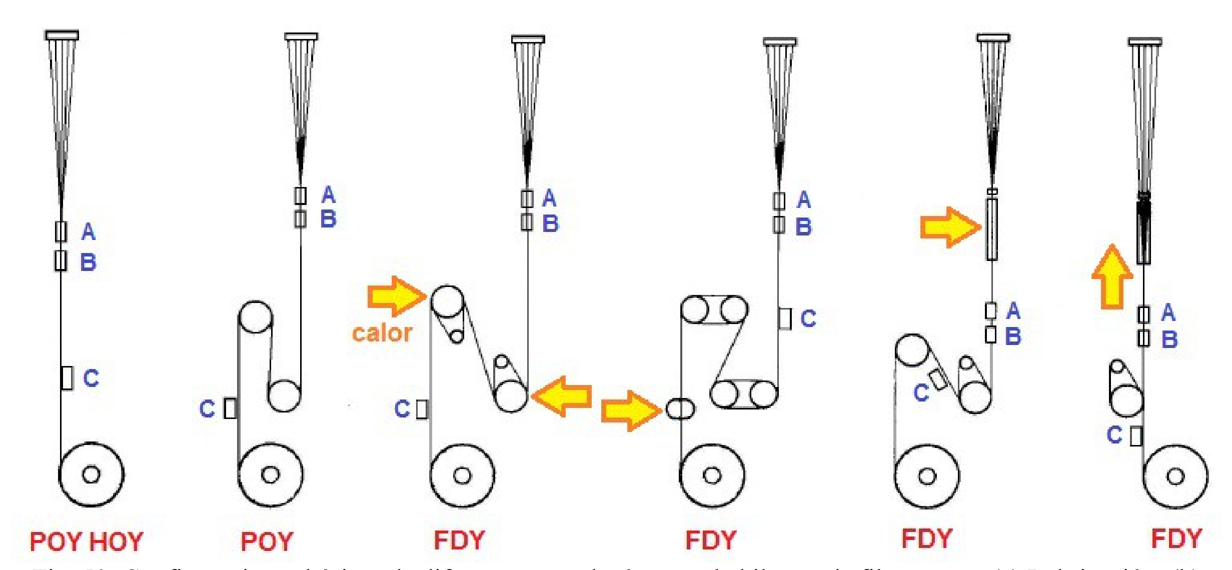


Fig. 50: Configuraciones básicas de diferentes tecnologías para la hilatura de filamentos. (a) Lubricación (b) Corte (c) Zunchado

Los hilos producidos a alta velocidad (HOY y FOY) muestran algunos problemas cualitativos y tecnológicos, por lo tanto hasta ahora encuentran una limitada difusión en su procesamiento y aplicación.

Una forma avanzada del LOY – que debe ser sometido a un proceso de estirado con el fin de ser utilizable – es el POY, hilo caracterizado por un alargamiento a la rotura aproximadamente 100 – 120%. Este hilo es ampliamente utilizado gracias a su buena estabilidad al envejecimiento, aunque no se utiliza directamente en la producción de artículos textiles, es notable su aptitud para procesos intermedios que combinan un proceso específico (urdido, engomado, etc) con un proceso de estirado complementario; de hecho, este hilo encuentra amplio uso en el estirado-texturizado, en el estirado-urdido y en el estirado-engomado.

Los hilos originados por un proceso específico de estirado, ya sea directamente en la hilatura o en una fase separada, se denominan FDY (*fully drawn yarns*).

FIBRAS DISCONTINUAS (TOW y fibras cortadas)

Esta producción se lleva a cabo en plantas bajo una concepción totalmente diferente de las destinadas a la producción de filamentos continuos.

La idea básica es obtener de las hileras un elevado número de filamentos paralelos (cinta tow) para ser entregados a los procesos posteriores (fig. 46-B).

El haz de filamentos, considerado como un paso intermedio en la línea de producción de fibras discontinuas, está diseñado para alimentar a los procesos de hilatura y no tejidos, se caracteriza por una considerable densidad lineal (hasta 150 ktex) y se compone de filamentos con el mismo rango de finura de las demás fibras discontinuas (desde 0,4 dtex en microfibras a 17 dtex para alfombras.

Las líneas de producción

El proceso de transformación, exceptuando las variaciones debido a la diferente naturaleza y tipología de la fibra, está compuesto esencialmente de los siguientes procesos: hilatura, estirado, termofijado, lubricación, texturizado, secado, corte (si es necesario), y embalado (en forma de tow o de fibra cortada).

Los procesos pueden llevarse a cabo por medio de líneas de producción que transforman sin romper la fibra entregada por las toberas hasta las fases finales (líneas continuas monofásicas) o a través de líneas en los que se interrumpe el flujo del material fibroso después de la hilatura, alimentándose en una etapa posterior (a partir del estirado) a las líneas de conversión final (líneas discontinuas de dos fases).

- **Líneas continuas monofásicas**

  Se utilizan para la producción de fibras donde la velocidad de flujo del material puede ser equilibrada a través de las diferentes fases de transformación; una aplicación típica de estas líneas es el proceso de hilatura en húmedo (para el acrílico y viscosa) pero su uso también se ha extendido recientemente al proceso de hilatura compacta para los polímeros termoplásticos.

  Las velocidades limitadas de hilatura de este proceso son compensadas por los altos ratios de flujo en las hileras. Las velocidades finales de las líneas (compuesto de 1 ó más tows) pueden llegar a 50 – 200 m/min.

- **Líneas discontinuas de dos fases**

  Se utilizan cuando hay diferencias de velocidad de operación entre las diferentes fases. Esto ocurre en los procesos donde la velocidad de hilatura es más alta que en las etapas posteriores de operación. Tal es el caso de los procesos utilizados tradicionalmente para las fibras termoplásticas y la hilatura en seco, donde las velocidades de hilatura (más de 1000 m/min para polímeros termoplásticos, 400 – 600 m/min para la hilatura en seco del acrílico) son mayores que las velocidades de los procesos subsiguientes.

  Las velocidades finales, resultantes de la velocidad inicial y del ratio de estirado varían aproximadamente entre 200 – 300 m/min.

Una de las diferencias tecnológicas más específicas entre la hilatura para fibras discontinuas y de filamentos se encuentra en las características de sus hileras. En el caso de filamentos continuos el número de orificios por hilera es relativamente bajo y estrechamente relacionado con el número de filamentos en el hilo, mientras que en el caso de la producción para tows las hileras son más grandes y tienen un mayor número de orificios.

De todos modos, la naturaleza del material y la configuración de las toberas de hilatura deben tener en cuenta las propiedades reológicas (viscosidad) de la masa del polímero, así como la tipología de la hilatura.

Los parámetros de la hilatura deben asegurar una solidificación uniforme de la masa del polímero después de la extrusión, sin variar sus propiedades textiles ni originar imperfecciones físicas (gotas, zonas de hilo mal estiradas, fibras pegadas entre sí, filamentos rotos, etcétera) en los filamentos.

En lo concerniente a la hilatura en húmedo (PAN, CV), debido a la baja velocidad de extrusión y al proceso de coagulación, se emplean normalmente las hileras con sección transversal redonda; estas

hileras, que pueden ser de diferentes materiales, muestran miles de agujeros (incluso más que 100 000).

En cuanto a la hilatura de polímero fundido, teniendo en cuenta las altas velocidades y la necesidad de un enfriamiento rápido y uniforme de los filamentos extruídos, se utilizan distintas tecnologías según se muestra en la fig. 51.

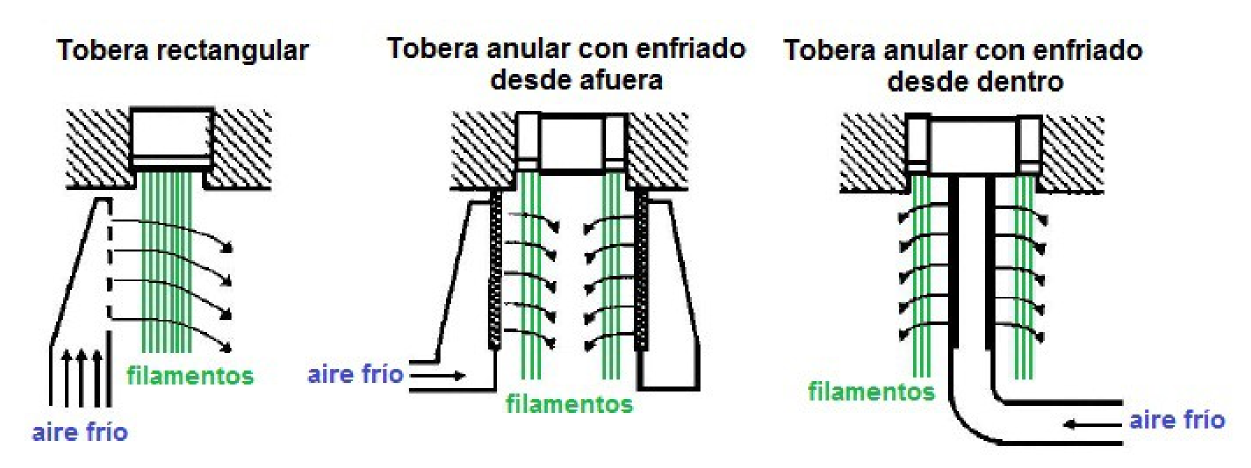


Fig. 51: Técnicas de enfriado en la hilatura por fusión

PROCESOS POSTERIORES

La introducción de las fibras manufacturadas puso en marcha el desarrollo de tecnologías de procesamiento, parcial o totalmente innovadoras en comparación con el ámbito de las fibras naturales.

Inicialmente se superpusieron a las fibras naturales en diversos sectores de aplicación, ajustándose a los diferentes procesos tradicionales; luego con el descubrimiento de las fibras sintéticas, su mayor difusión y el conocimiento de su potencialidad, condujo al desarrollo de procesos originales, lo que permitió ampliar el campo de aplicaciones conocidas en ese momento, creándose nuevas.

En este volumen hablaremos de dos procesos: el texturizado y el convertido de tows a fibras discontinuas.

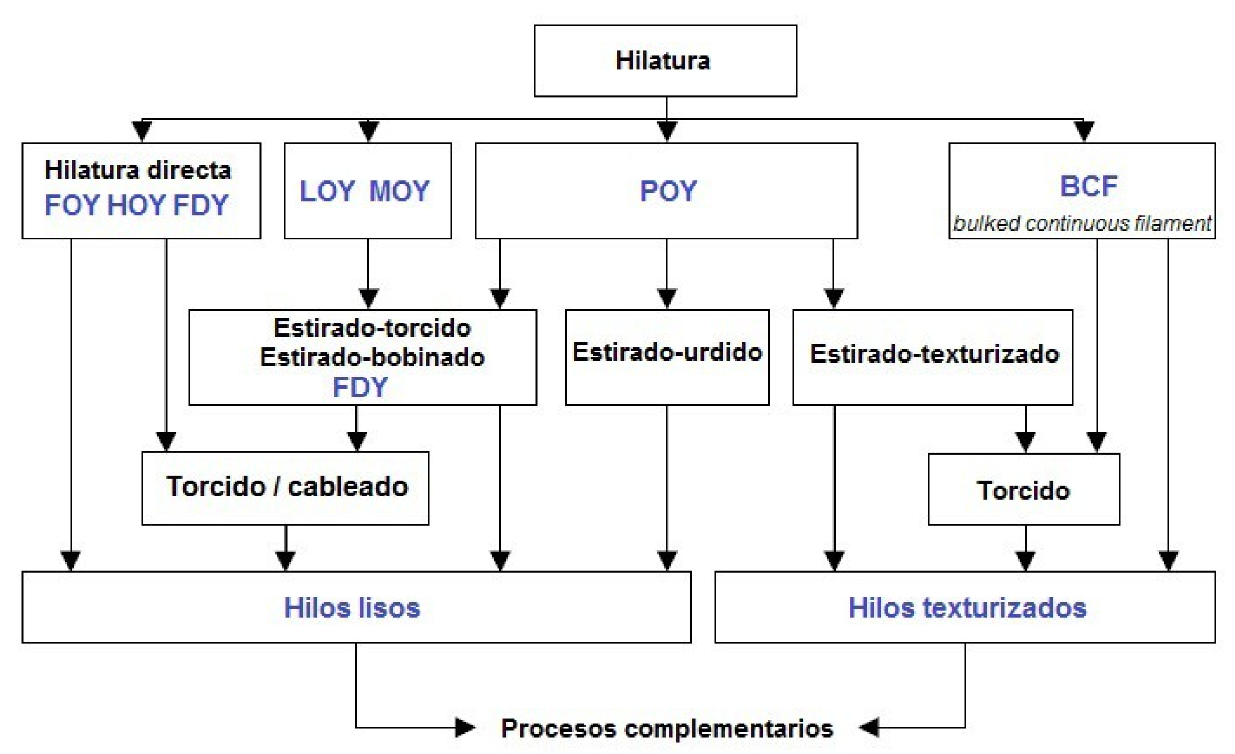


Fig. 52: Operaciones generales sobre las fibras continuas (filamentos)

TEXTURIZADO

El proceso de texturización compensa las deficiencias inherentes a un hilo de filamentos continuos lisos, paralelos y/o torcidos, variando su carácter textil original e impartiéndole nuevas propiedades como volumen, poder cubriente, elasticidad, tacto suave, aspecto "natural", higroscopicidad y facilidad de procesamiento. En otras palabras, el hilado liso, cuya estructura se puede comparar con los alambres, adquiere propiedades que lo hacen similar al algodón o la lana.

Un hilo texturizado presenta rizado efectivo o latente, ondulaciones o bucles en los filamentos individuales que, después del tratamiento adecuado, originan propiedades como volumen y/o elasticidad.

El siguiente esquema muestra una clasificación general de los diversos métodos de texturizado:

- Texturizado mecánico
    - Air-jet
    - otros
- Texturizado termomecánico
    - Mediante torsión
        - Torsión-termofijado-destorsión
        - Falsa torsión
            - Horno simple
            - Doble horno
        - Retorsión de hilos plegados
    - Sin torsión

        - Cámara de compresión mecánica
        - Tejido-destejido
        - Cámara de compresión Air-jet (en caliente)
        - Engranajes
        - Cuchilla
- Texturizado termoquímico
    - de filamentos bicomponentes
    - de hilos bi-retraíbles

Texturizado por torsión-termofijado-destorsión

Fue el primer método de texturizado en ser empleado, se basa en la fijación por calor de un hilo que ha recibido torsión, para luego ser destorcido.

El método tradicional consiste de tres etapas:

- Aplicación (en máquina) de altos valores de torsión al hilo multifilamento (2500 – 4500 VPM)
- Fijación de la torsión mediante tratamiento térmico, usualmente en autoclaves en presencia de vapor (por ejemplo, el nylon a 130° C).
- Destorsión (en máquina) del hilo, primero llevando a cero y luego aplicando una pequeña torsión adicional, para contribuir a la estabilidad del hilado.

Como resultado de la deformación termoplástica, los filamentos individuales muestran, en su estado relajado, un rizado helicoidal que les proporciona una excelente elasticidad.

En el caso específico del poliéster, se requiere un termofijado adicional posterior.

Texturizado por falsa torsión

El proceso anteriormente descrito cayó en desuso debido a las numerosas operaciones que intervienen, a su baja productividad y por consiguiente a los costes altos de producción.

Alrededor de los 50, un nuevo proceso resultó adecuado para llevar a cabo en una sola etapa (en continuo) de las diferentes operaciones realizado previamente por separado.

El proceso se basa en el principio de proporcionar al hilo una falsa torsión. Si imaginamos tomar un pedazo de hilo, bloquear sus dos extremos y girar en una dirección, deslizándolo en un punto intermedio entre los dedos pulgar e índice, los segmentos de hilo colocados respectivamente hacia arriba y hacia abajo de ese punto recibirán el mismo número de vueltas, pero con direcciones opuestas.

Si eliminamos la torsión por la liberación de nuestra acción sobre el hilo, la torsión vuelve a cero y el paralelismo original del hilo será reintegrado, en la práctica esta operación no ha producido una torsión real, sino sólo una "falsa torsión".

Consideremos ahora la misma situación, pero con un hilo en movimiento: el hilo que sale del elemento de torsión tendrá misma configuración que el hilo alimentado. De hecho, la torsión producida en la zona antes de colocar el elemento de torsión es cancelada por la torsión en sentido contrario producida en la zona posterior.

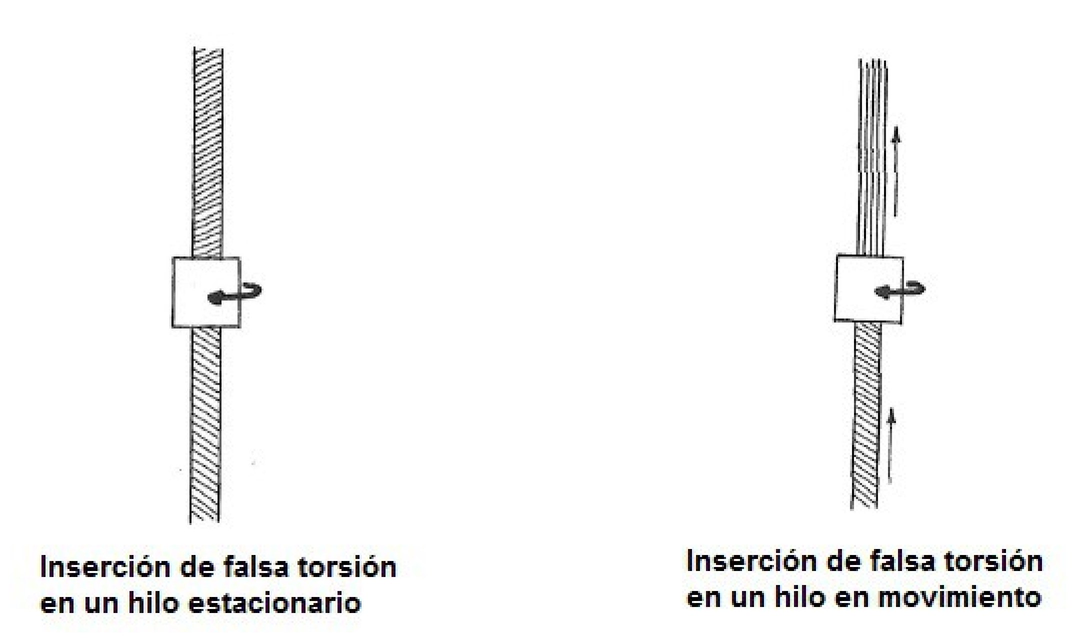


Fig. 53: Principio de falsa torsión

Ahora bien, si en la primera zona la hebra retorcida se pone en contacto con un dispositivo de calentamiento (horno) y se enfría sucesivamente (enfriador), los filamentos que componen el hilo bajo deformación termoplástica adquieren torsión permanente, que es absolutamente similar al proceso método descrito antes. Estos hilos se denominan FT (*false-twist*).

Si queremos estabilizar la elasticidad del hilo, necesitaremos colocar un segundo horno después del elemento de falsa torsión. Éstos son los hilos FTF (*false-twist fixed*).

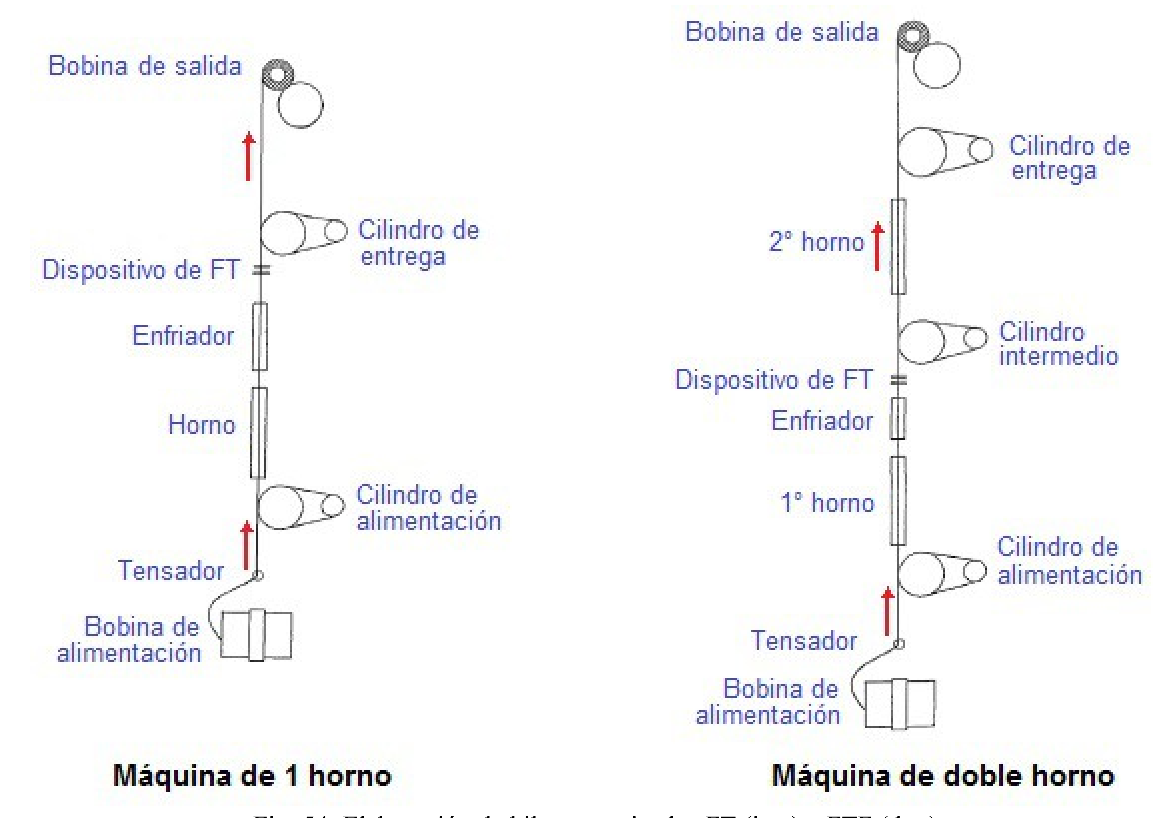


Fig. 54: Elaboración de hilos texturizados FT (izq.) y FTF (der.)

Texturizado por retorsión de hilos plegados

Este método está dentro de los sistemas basados en la deformación termoplástica a través de la torsión.

Se basa en el principio de torsión de 2 hilos que vienen de 2 unidades de alimentación, termofijado del hilo retorcido y luego una destorsión en una unidad de separación o bobinado por separado.

Es un proceso de escaso interés, particularmente adecuado para el procesamiento de filamentos finos (también monofilamentos) con una velocidad de producción de 600 m/min.

Texturizado por cámara de compresión mecánica

En este método, las fibras son forzadas a ingresar por 2 rodillos de alimentación, en una cámara calentada y se someten a una compresión que les genera puntos de flexión (tipo dientes de sierra).

La presión dentro de la cámara está regulada por un dispositivo que permite el ingreso del material de manera constante.

El hilo texturizado que utilizaba esta tecnología fue comercializado con la marca Banlon (fabricante: Bancroft), en la actualidad el proceso ha perdido terreno para los hilados de filamento. Por el contrario, este principio ha encontrado amplia aplicación en la producción de tows y fibras cortadas.

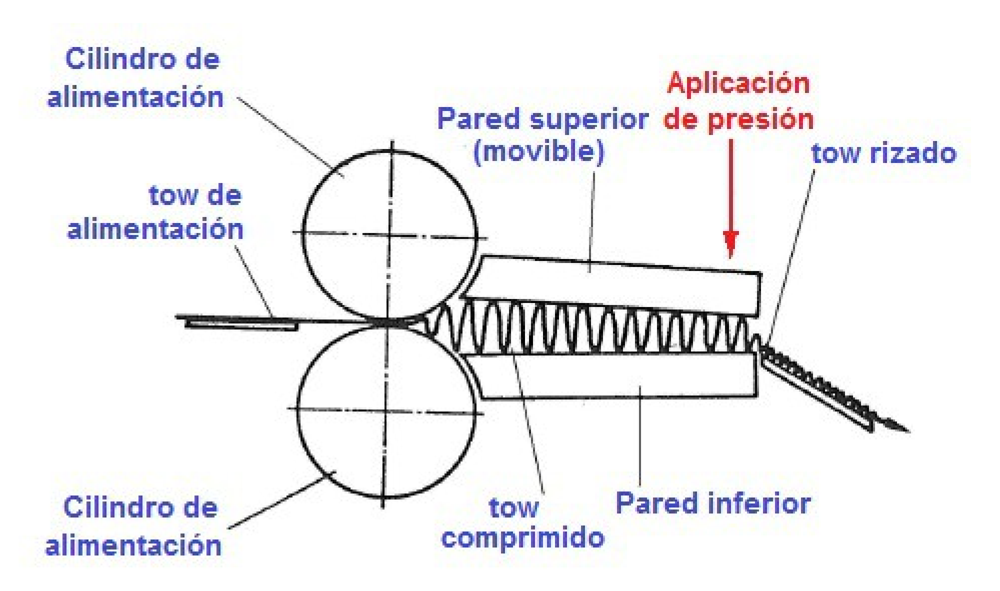


Fig. 55: Detalle de la cámara de compresión mecánica

Texturizado en caliente por cámara de compresión Air-jet

Esta técnica puede ser considerada un desarrollo del método antes descrito: la compresión de hilo no se ejerce mecánicamente por los rodillos de alimentación: es generada por un sistema aerodinámico con chorros de aire comprimido caliente o vapor.

El fluido presurizado caliente entra en una abertura lateral de la cámara, fluye en el canal de guiahílos, empuja el hilo en la caja de expansión, donde se le lleva a una temperatura de reblandecimiento (plastificación) y se le comprime, resultando un rizado tridimensional en el hilo.

El aire escapa por salidas colocadas en el extremo de la cámara y también el hilo es empujado fuera de ésta.

Con el fin de mantener las propiedades adquiridas a través de la texturización, el hilo debe ser enfriado rápidamente en tambores perforados mediante aspiración de aire a una temperatura inferior al punto de transición vítrea de la fibra. Este proceso es ampliamente utilizado para la producción de hilos de alfombra en PA o PP de acuerdo con la tecnología BCF.

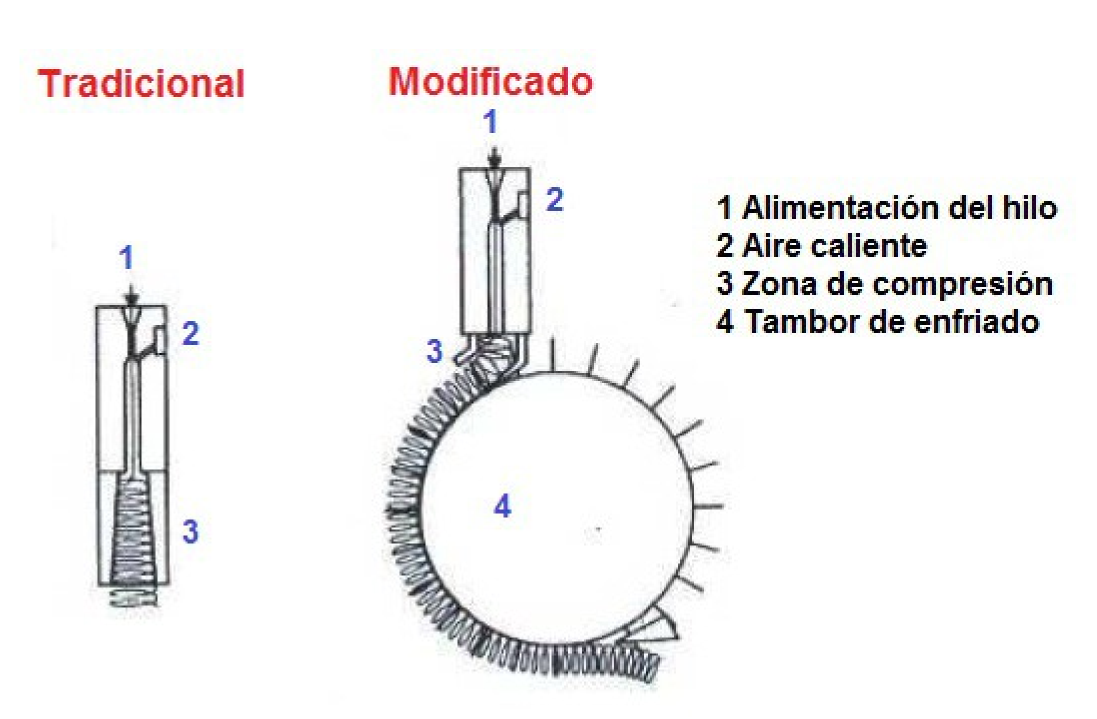


Fig. 56: Principios del texturizado en caliente por chorro de aire

Texturizado por tejido-destejido

Este es un método discontinuo que usa un proceso de tejido en una máquina circular de pequeño diámetro, con una sola alimentación; el tejido tubular producido es enrollado sobre un soporte y termofijado por vapor o directamente durante la operación de teñido. Sucesivamente el hilo se demalla y se enrolla en conos (velocidad aproximada 500 m/min). Se muestra un típico rizado, con amplias ondas planas de la misma longitud que la puntada.

Debido a su elasticidad, este método tiene usos específicos, en particular en el caso de nylon, y es menos adecuado para el poliéster, debido a su pobre estabilidad de rizado.

Texturizado por cuchilla

Este proceso se realizó originalmente en el hilo de marca Agilon (productor: Milliken), pero en la actualidad ya no está en uso, debido a las malas propiedades (baja estabilidad del rizado) del hilo.

Después de ser sometido a calentamiento directo sobre rodillos de alimentación, el hilo se desliza bajo tensión en el borde redondeado de una hoja metálica con un ángulo de flexión determinado y se enfría a continuación en los rodillos de entrega.

Los filamentos se someten a un cambio estructural debido a la fuerza de compresión ejercida a partir de la hoja en el punto de contacto y a la fuerza de estirado ejercida simultáneamente sobre el lado del hilo situado en el exterior de la hoja.

Las tensiones físicas generan deformaciones estructurales en forma de ondas tridimensionales irregulares.

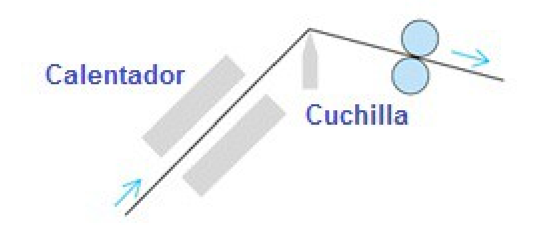


Fig. 57

Texturizado por engranajes

Hoy en día esta tecnología tiene una importancia escasa.

El hilo precalentado pasa a través de dos ruedas dentadas calientes (velocidad: hasta 600 m/min), entre las que se deforma, obteniendo una ondulación plana, con una geometría fijada por el perfil de los dientes de los engranes.

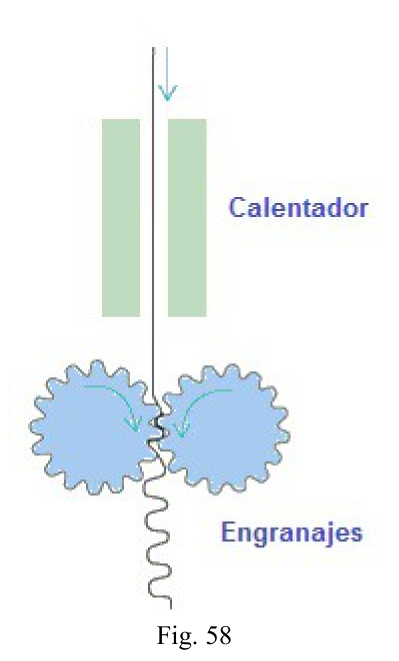


Fig. 58

Texturizado Air-jet[8]

Este proceso se debe a los estudios realizados sobre los efectos del aire comprimido en hilos (Du Pont, 1952); esta tecnología llevó por un lado, al desarrollo de sistemas de enredado (con puntos de unión intermitentes) para multifilamentos, y por otro para la producción de hilados con modificación de características estructurales, los cuales fueron originalmente comercializados con la marca comercial Taslan (de ahí se originó el nombre de *taslanizado*, dado a estos hilos texturizados).

El principio se basa en un chorro de aire a presión dirigido a través de una boquilla, con cierto ángulo y nivel de turbulencia, frente a un hilo que la atraviesa, el hilo es sobrealimentado con el fin de crear una compresión que tiene una intensidad definida por la relación entre la alimentación y la velocidad de entrega, y que afecta a la tipología de los bucles generados en el hilo.

La acción de chorro de aire (Air-jet) funciona en varias fases:

8 El desarrollo de esta tecnología está cercanamente relacionado con la hilatura Air-jet para fibras discontinuas (Véase el libro III de Hilandería)

- Apertura de los filamentos en la alimentación del hilo dentro de la boquilla.
- Generación de un giro en los filamentos abiertos.
- Flexión de los filamentos sobrealimentados, con la consiguiente generación de típicos bucles de aquellos filamentos que tienden a salir del núcleo del hilo.
- Enredo y fijado de los filamentos rizados y ondulados en un hilo voluminoso y suave.

Este proceso puede considerarse como *mecánico* si el chorro de aire está frío; el hilo texturizado obtenido a través de un esfuerzo aerodinámico simple presenta características estructurales considerablemente diferentes a un hilo de falsa torsión (mayor voluminosidad, menor elasticidad, similitud con hilos tradicionales).

Desde su lanzamiento, varias generaciones de toberas se han desarrollado, mostrando cada vez mejoras tecnológicas; La velocidad del proceso esencialmente depende de la velocidad del flujo de aire: cuanto más alta es ésta, más rápido es el proceso.

Inicialmente, velocidades de proceso de 50 m/min requerían 20 m^3/h de aire comprimido (que implicaba alto consumo de energía), mientras que hoy en día velocidades de 500 – 600 m/min alcanzan consumos de aire comprimido (8 – 12 bar) limitados a 5 – 6 m^3/h.

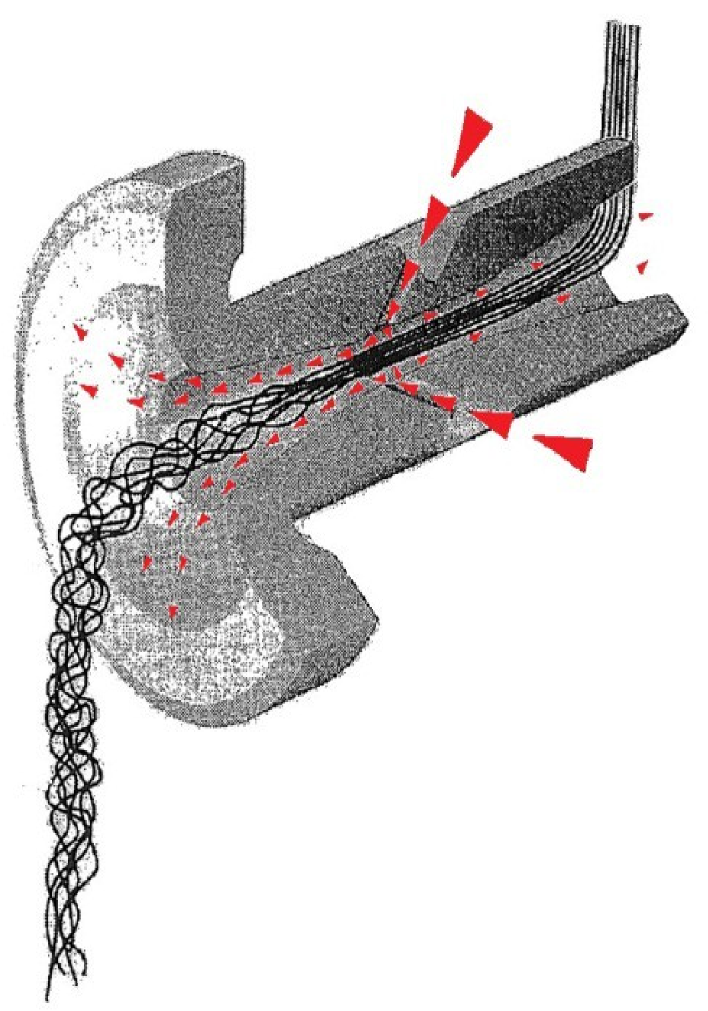


Fig. 59: Texturizado por chorro de aire

Como este proceso de texturizado no se basa en una deformación termoplástica, sino es puramente aerodinámico, no se limita únicamente a las fibras termoplásticas, se puede extender también a otras fibras como las de celulosa y el vidrio.

Texturizado de filamentos bicomponentes

Donde los filamentos individuales están constituidos por dos componentes poliméricos con diferentes niveles de retracción térmica. A raíz de un tratamiento con calor, desarrollan un rizado en espiral tridimensional.

Ambos componentes deben tener una configuración de *mitad y mitad* o asimétrica[9].

Texturizado de hilos bi-retraíbles

Estos hilos están compuestos de dos grupos de filamentos con diferentes propiedades térmicas. Éste no es un proceso de texturizado eficaz, ya que no se activan las deformaciones inherentes a los filamentos individuales, sino que se genera en el hilo un efecto de volumen, como resultado de los niveles de retracción diferentes entre ambas sustancias.

De todos modos, este principio encuentra una notable aplicación en la producción de hilos acrílicos de alto volumen (acrílico HB).

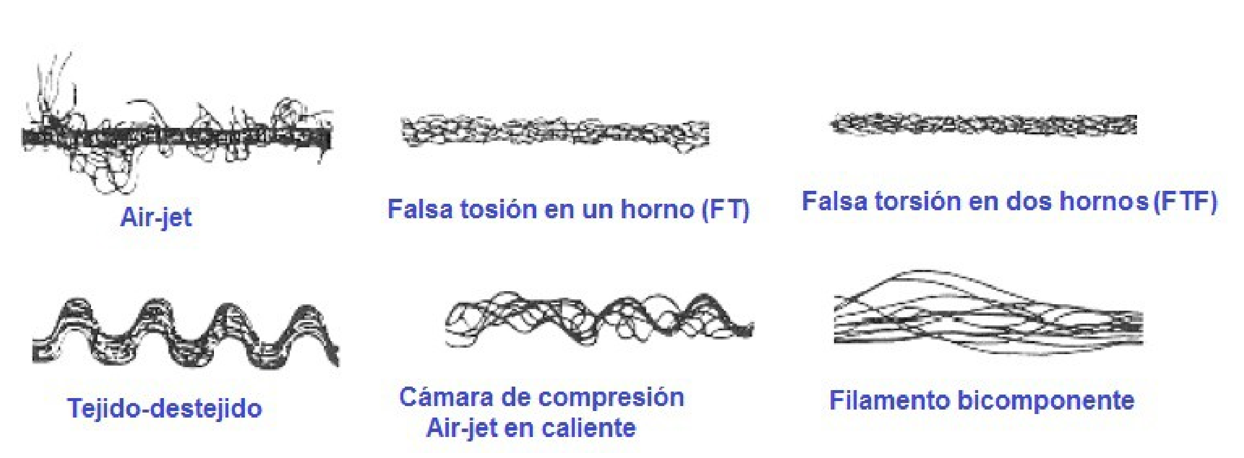


Fig. 60: Imágenes de hilos texturizados bajo diferentes técnicas

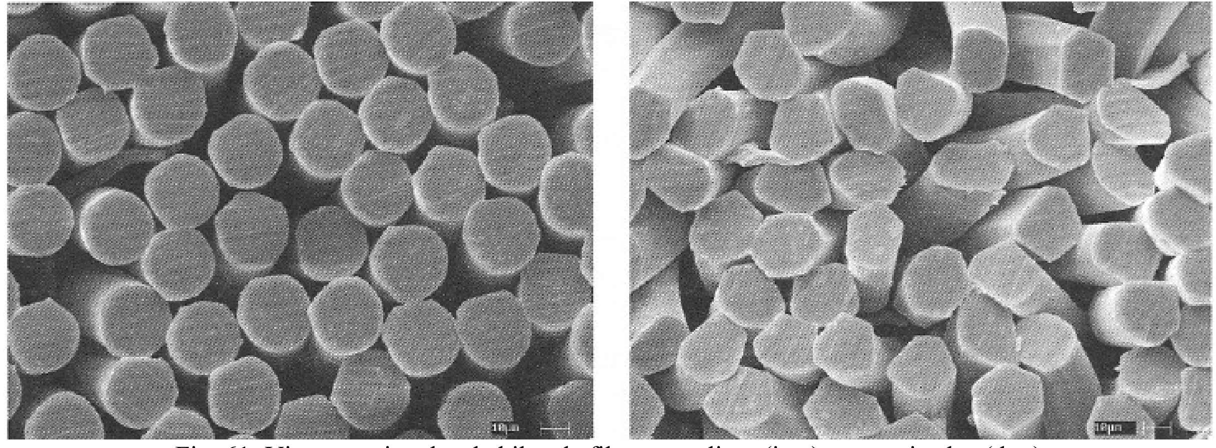


Fig. 61: Vistas seccionales de hilos de filamentos lisos (izq.) y texturizados (der.)

9 Véase *Fibras bicomponentes*.

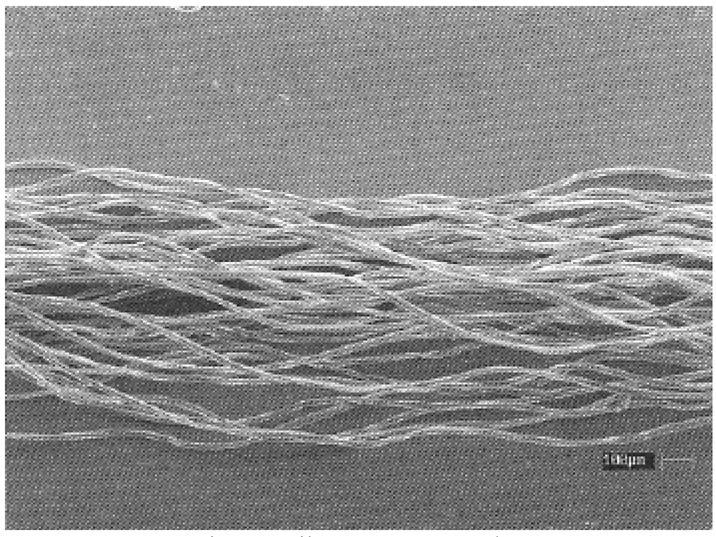


Fig. 62: Filamento FTF 167/48

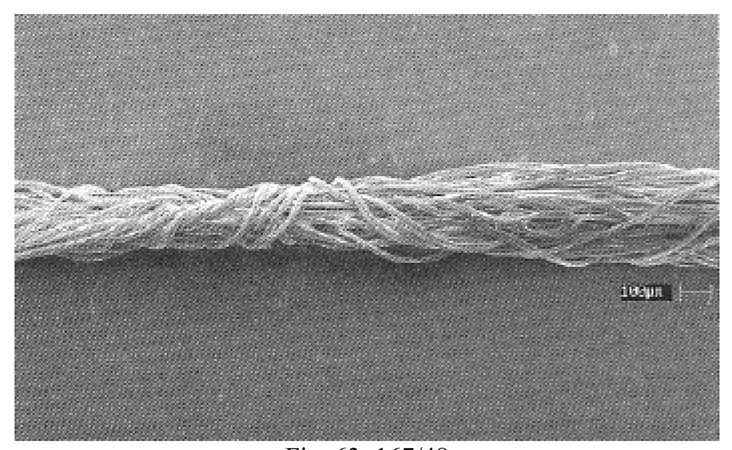


Fig. 63: 167/48

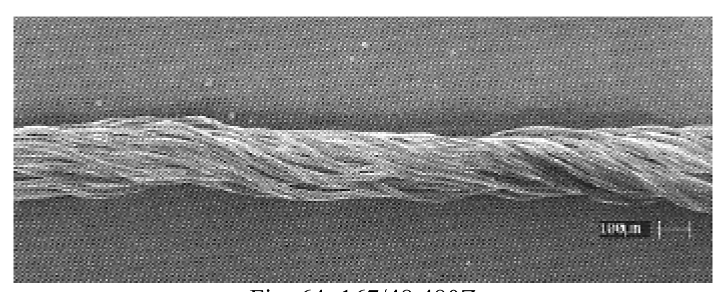


Fig. 64: 167/48 480Z

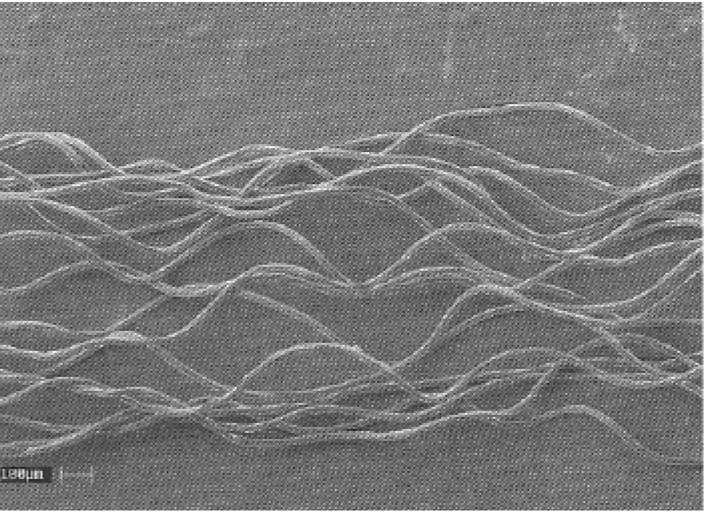
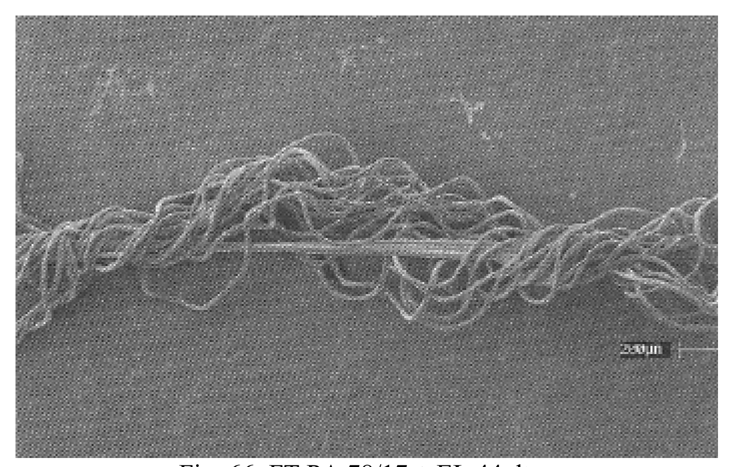


Fig. 65: FT 78/17


Fig. 66: FT PA 78/17 + EL 44 dtex

A continuación se detallará lo mostrado en las figuras 62 a 66, inclusive:

Fig. 62 Hilo texturizado por falsa torsión en doble horno, con densidad lineal de 167 decitex y 48 filamentos.

Fig. 63 Hilo texturizado de 48 filamentos, con puntos de enredo. Densidad lineal de 167 decitex.

Fig. 64 Hilo texturizado de 48 filamentos Densidad lineal de 167 decitex y torcido con 480 vueltas por metro, en sentido Z.

Fig. 65 Hilo texturizado por falsa torsión en un horno, con densidad lineal de 78 decitex y 17 filamentos.

Fig. 66 Hilo recubierto. **Núcleo**: Monofilamento de elastano de 44 decitex. **Cobertura**: Multifilamento de poliamida texturizado por falsa torsión en un horno, de 78 decitex y 17 filamentos.

CONVERSIÓN DE FILAMENTOS A FIBRAS DISCONTINUAS

El procesamiento de las fibras manufacturadas en los sistemas tradicionales de hilandería requiere su transformación en fibras de longitud definida que también son nombradas en función de su longitud:

las *fibras discontinuas cortas*, en el caso de las fibras para la hilandería de algodón y el sistema de *fibras discontinuas largas* en el caso de las fibras para la hilatura de lana peinada o cardada.

El material de alimentación es el *tow*, una masa de filamentos continuos más o menos cohesionados, con gran densidad lineal.

La acción de convertir la masa de filamentos en fibras de longitud determinada, se puede realizar por corte o por aplicación de fuerzas de tracción (reventado de fibras).

Según la presentación del material a la salida, existen dos maneras de conversión:

- De tow a fibras discontinuas sueltas
- De tow a cintas de hilandería (tops)

En el primer grupo destacan la convertidora *Lummus* y la convertidora *Gru-gru*, ambas cortadoras.

En el segundo grupo, también llamado sistema *tow-to-top* se encuentran las máquinas que entregan el material de fibras discontinuas formando una cinta, que luego alimentará a las etapas de preparación a la hilandería. En este sistema, la alineación de las fibras no se pierde.

Existen convertidoras que ejecutan esta acción por reventado (fig. 67) o por corte mediante cuchillas helicoidales (fig. 68).

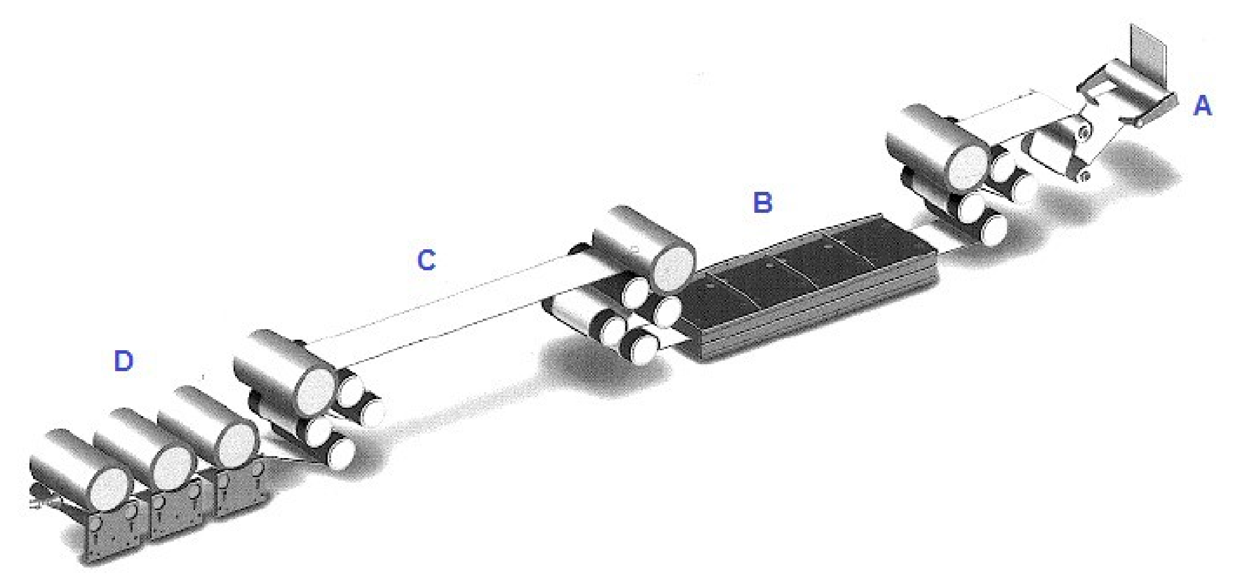


Fig. 67: Convertidora tow-to-top por reventado. (A) Alimentación (B) Zona de estirado bajo placas calientes (C) Campo largo de estirado (D) Zona de reventado

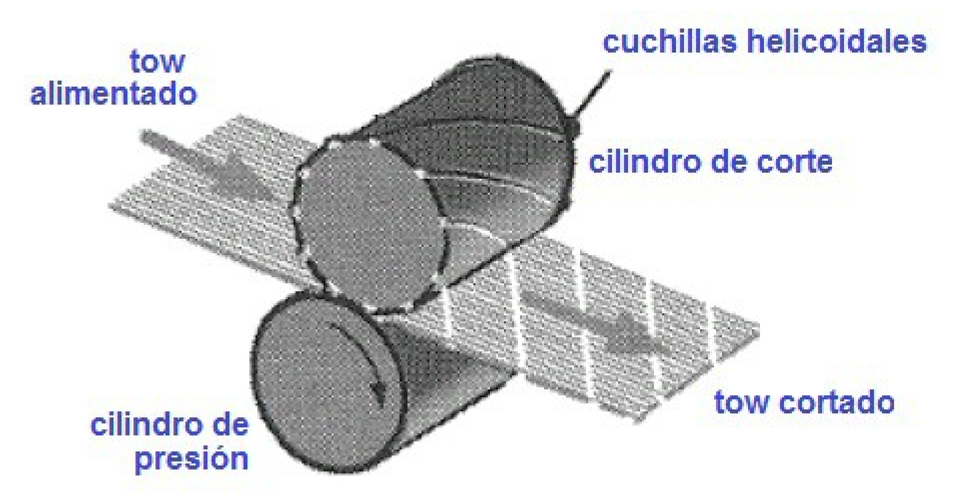


Fig. 68: Detalle de la unidad de corte, de un convertidor de fibras

FIBRAS MANUFACTURADAS ARTIFICIALES

También son llamadas fibras regeneradas, proceden de polímeros naturales modificados y pueden ser de base:

Celulósica

Son obtenidos de la madera de ciertos árboles (eucalipto, abeto, haya, etc), el línter de algodón, y desperdicios de papel.

Entre éstas tenemos: a los rayones (viscosa, cupro, acetato y triacetato)

Proteínica

Son fabricadas a partir de proteínas como de origen:

- Animal: obtenida de la caseína de la leche.
- Vegetal: obtenida de las algas marinas, soya, maíz y maní.

Un grupo de fibras artificiales, más raro y menos abundante, son las **manufacturadas inorgánicas**, donde por medios físicos se le confiere a una materia forma de fibra, como por ejemplo el vidrio, el carbono y algunos metales.

RAYÓN

Bajo el nombre de rayón podemos identificar una familia de fibras regeneradas celulósicas.

Rayón viscosa

Es conocida también como viscosa, viscosilla o rayón (a secas).

Se obtiene a partir de la pulpa de celulosa extraída de ciertos árboles (como abetos, eucaliptos, hayas y bambús) y del línter del algodón, por el proceso del bisulfito. Por una maceración posterior se transforma en álcali-celulosa y al tratarla con disulfuro de carbono, en xantato de celulosa. Esta masa altamente viscosa – de allí le da el nombre a la fibra – es disuelta con soda cáustica y filtrada, se deja

madurar para recuperar la celulosa, y luego se extrusiona en hileras dotadas de potentes bombas. Después de la extrusión se pasa la materia por un baño de coagulación (de ácido sulfúrico) para solidificar los filamentos.

Fig. 69: La celulosa se trata con un álcali y disulfuro de carbono para producir el xantato

La ventaja del método viscosa para regenerar la celulosa reside en que puede a trabajarse materiales celulósicos con trazas de lignina (como la madera), a diferencia de otros métodos (cupramonio y acetato), que requieren como materia de partida únicamente a la celulosa. Eso sí, el método viscosa es perjudicial para el medio ambiente, pues arroja a sus efluentes disulfuro de carbono, xantato de celulosa y lignina.

Usualmente tiene alto lustre, que le otorga brillantez. Presenta baja tenacidad y elevado alargamiento a la rotura por tracción. Su resistencia a la abrasión es baja. Resiste a la luz solar, salvo en exposiciones muy prolongadas y no es atacada por las polillas, pero sí por los mohos.

Como tiene baja resiliencia, tiende a formar arrugas, pero éstas desaparecen con un planchado (temperaturas superiores a 175º C le hacen perder su resistencia).

Algunos nombres comerciales: Tencel®**,** Viloft®.

Rayón cupramonio

De propiedades similares a la viscosa, durante su producción la pasta de celulosa celulosa es disuelta con una solución amoniacal de hidróxido de cobre (II) (denominada reactivo de Schweizer).

Su nombre comercial es Bemberg®.

Lyocell®

La celulosa se disuelve en N-óxido de N-metilmorfolina, luego la pasta se bombea a través de las hileras, luego las fibras se sumergen en un baño – diluido esta vez – del óxido de amina para su fijado, luego se lavan con agua desmineralizada y se continúa con los procesos de acabado.

Modal®

Es el rayón de alto módulo en húmedo o *HWM* (*high wet modulus*), de fabricación similar a la viscosa, aunque no se realiza la macerado de la celulosa, ni la maduración de la pasta antes de la hilatura.

RAYÓN ACETATO

Pertenece a la familia de los rayones, y es conocido como un acetato secundario o modificado, al contar con dos o más grupos hidróxilos.

Para su fabricación, el xantato de celulosa se disuelve en ácido acético y anhídrido acético en presencia de ácido sulfúrico. Se añeja 20 horas para hidrolizar parcialmente y se precipita como escamas.

En la hilatura estas escamas son disueltas con acetona, se filtra y luego se extruye a través de aire calentado. La fibra se endurece por evaporación del solvente, que es recuperado y los filamentos son estirados y plegados en bobinas.

Tiene una baja resistencia a la abrasión, es termoplástico, hidrofílico e hipoalergénico.

Fig. 70

Algunos nombres comerciales de esta fibra son Acele®, Aviscon®, Celanese®, Chromspun®, Estron®.

RAYÓN TRIACETATO

Es un rayón conocido bajo una descripción genérica de acetato primario, no contiene ningún grupo hidróxilo.

Para su producción, a diferencia del acetato, no se añeja. Esto promueve la acetilación de la celulosa. Las escamas de acetato de celulosa son disueltas con una mezcla de diclorometano y metanol para la hilatura. Los procesos siguientes son similares al del acetato.

Esta fibra es termoplástica y tolera bien el termofijado y texturizado.

Presenta buen comportamiento bactericida, para su uso en hospitales, para la manipulación de alimentos, para sudaderas y calcetines.

Se presenta en forma de fibra cortada o de filamento continuo. Normalmente las fibras cortadas varían su finura de 2 a 6 decitex y tienen longitudes de corte de 40 y 50 mm.

Los multifilamentos, entre 20 y 40 filamentos, varían desde 50 a 235 decitex, en versiones mates, semimates y brillantes.

Sus nombres comerciales son Arnel®, Soalon®.

Fig. 71

AZLON

AZLON es el nombre genérico dado a las fibras fabricadas compuestas de una proteína regenerada natural (leche, soya, maní o maíz).

Se produce disolviendo las proteínas (como la caseína, zeína, etcétera) en un álcali diluido y extruyendo estas soluciones a través de una hilera en un baño ácido de coagulación de formaldehído.

Son similares en muchas de sus propiedades a las fibras de proteínas naturales, pero adolecen de una baja resistencia en seco y en húmedo y sensibilidad a los álcalis. Las AZLON se producen en Europa y se utilizan en mezclas con otras fibras.

Algunos nombres comerciales son Ardil®, Casein®, Alginate®, Fibrolane®, Lactofil®.

VIDRIO

Las fibras de vidrio se forman a partir de mezclas complejas de silicatos y borosilicatos, conteniendo sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio, y otras sales. El prepolímero silicato-borosilicato se prepara mediante mezcla y fusión de las siguientes sales inorgánicas en las siguientes concentraciones:

- óxido de silicio (sílice) 50 – 65%
- óxido de calcio 15 – 25%
- óxido de aluminio (alúmina) 2 – 18%
- óxido de boro 2 – 15%
- otros óxidos 1 – 10%

La composición exacta del polímero de vidrio fabricado afectará a las propiedades finales de la fibra. El cristal, en forma de pequeñas canicas, se lleva a un horno eléctrico a altas temperaturas (> 800° C) para hilarlo por fusión en filamentos lisos.

Las cadenas resultantes de silicato-borosilicato no están ordenadas dentro de la fibra, y la estructura es totalmente amorfa.

El vidrio es en realidad un líquido subenfriado que exhibe características de flujo extremadamente lento pero observables con el tiempo. Las cadenas de polímero dentro de una fibra de vidrio pueden ser representadas como sigue:

Fig. 72

Las fibras de vidrio son extremadamente fuertes, con tenacidades de 53 a 88 cN/tex en seco y 44 a 71 cN/tex en húmedo. Poseen alargamiento a la rotura de sólo 3 – 4%, pero son perfectamente elásticas dentro de este estrecho rango de deformación hasta su punto de ruptura.

También son muy rígidas y frágiles, rompiéndose fácilmente al ser dobladas. Como resultado de ello, presentan una baja resistencia a la abrasión, que puede aliviarse en cierta medida mediante engomados orgánicos adecuados. Las fibras de vidrio son extremadamente densas, pues tienen una gravedad específica de aproximadamente 2,5.

La superficie de las fibras puede ser mojada por el agua, pero no tienen ninguna afinidad por ésta. Como resultado, la recuperación de humedad (regain) es 0,5% o menos.

No son solubles en los disolventes orgánicos comunes, pero se pueden disolver lentamente por soluciones básicas concentradas y más rápidamente por el ácido fluorhídrico. Presentan excelente aislamiento térmico y eléctrico, y no son afectadas por el calor hasta su punto de fusión de 750° C o superior.

Se encuentra bajo los nombres comerciales de Fiberglas®, Garan®, Modiglass®, PPG®, Ultrastrand®.

CARBONO

Las fibras de carbono o grafito se han desarrollado para su uso en aplicaciones industriales y aeroespaciales. Se preparan a partir del rayón, acrílico, u otras fibras de paso, por oxidación controlada bajo tensión dentro de una atmósfera limitada de oxígeno a 300 – 400° C. En esta etapa de oxidación, las fibras de carbono tienen la suficiente flexibilidad para ser usadas en prendas de vestir (ropa resistente al fuego). La oxidación adicional a temperaturas cercanas o superiores a 1000° C bajo tensión resulta en una fibra de altamente resistente, que presenta una continua red aromática similar al grafito.

Las fibras de carbono completamente oxidadas tienen tenacidades 88 a 203 cN/tex, alargamientos a la rotura en seco y en húmedo de sólo 0,4 – 1,5%. Tienen pesos específicos de 1,77 a 1,96 y mediana conductividad eléctrica.

Aunque las fibras son altamente resistentes a la tracción, soportan pobremente la abrasión y deben engomarse con epoxi u otras resinas antes de la tejeduría. Son inertes a todos los disolventes orgánicos conocidos, también al ataque de ácidos y bases en condiciones normales.

Estas fibras negras tienen una excelente resistencia a la luz solar y a los agentes biológicos, son inherentemente retardantes de la llama y resistentes a la oxidación a altas temperaturas.

Las fibras de carbono se comercializan como Celion®, Hi-Tex®, y Thornel®.

METAL

Las fibras metálicas (en algunos textos se denominan *hilos metálicos*) se definen como fibras compuestas de metal, metal recubierto de plástico, o plástico recubierto de metal.

- Las fibras metálicas de un solo componente son finos filamentos estirados de metal que pueden ser hilados y tejidos en las máquinas textiles. Estas fibras metálicas poseen las propiedades del metal a partir del cual se forman.
- Las fibras metálicas de múltiples componentes son más comúnmente utilizadas en la industria textil y se hacen generalmente a partir de filamentos laminares de aluminio rodeados o unidos a capas de poliéster, celofán, o éster de celulosa, o de una película de poliéster que es metalizada por deposición al vacío de aluminio y éste después se encapsula en otra capa de poliéster. En general, las propiedades de estas fibras se asemejan a las propiedades de la película del plástico usada para formar la fibra de múltiples componentes.

Estas fibras son generalmente débiles y estiran fácilmente, pero pueden ser utilizadas con fines decorativos y para aplicaciones en las que la conductividad eléctrica y la resistencia al calor son importantes.

Los nombres comerciales de las fibras metálicas incluyen Brunsmet® y Lurex®.

Fibra		Alargamiento %		Tenacidad cN/tex		Peso específico g/cm^3	Regain estándar %
		Seco	Húmedo	Seco	Húmedo		
Acetato		20 – 30	30 – 40	10 – 14	7 – 9,8	1,33	9
Triacetato	Fil	30 – 35	40 – 50	10 – 15	6 – 9	1,3	7
	Stp	25 – 30	32 – 37				
Viscosa	Stp	18 – 35	20 – 40	18 – 30	10 – 20	1,52	13
	ST	17 – 30	20 – 40	15 – 20	6 – 10		
	HT	12 – 25	25 – 35	25 – 50	20 – 40		
Modal	Fil	6 – 8	7 – 8	45 – 60	40 – 45	1,52	13
	Stp	11 15	12 – 16	35 – 45	25 – 35		

Tabla 24: Características físicas de algunas fibras artificiales

FIBRAS MANUFACTURADAS SINTÉTICAS

Tienen su origen en los monómeros de las industrias del carbón y petróleo que, después de su transformación desembocan en la formación de polímeros que no tienen ninguna relación con los elementos de partida.

Básicamente dos mecanismos de reacción química se emplean para la síntesis de estas fibras:

Policondensación

Donde dos moléculas del mismo (homopolímeros) o diferente tipo (copolímeros) son unidas para formar macromoléculas. Como productos secundarios de esta reacción se obtiene agua, ácido clorhídrico o alcohol.

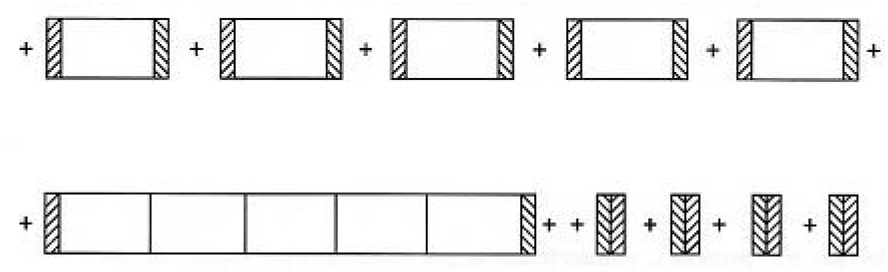


Fig. 73

El requisito para que exista una reacción de policondensación es la presencia de dos grupos reactivos con propiedades funcionales en los extremos del monómero.

Las moléculas compuestas de 2, 3, 4 … *n* monómeros son denominados dímeros, trímetros, tetrámetros (oligómeros) … polímeros.

Algunos de los monómeros más utilizados son:

- Diácidos alifáticos HOOC-R-COOH (utilizado para el nylon 6,6)

- Diaminas alifáticas NH_2-R-NH_2 (utilizado para el nylon 6,6)
- Aminoácidos alifáticos H_2N-R-COOH (utilizado para el nylon 6)
- Diácidos aromáticos HOOC-Ar-COOH (utilizado para el poliéster)
- Dioles (alcoholes bifuncionales) HO-R-OH (utilizado para el poliéster)

Las cadenas poliméricas formadas contienen, además de carbono, también diversos átomos (heteroátomos) resultantes de la condensación de los grupos funcionales (por ejemplo nitrógeno para las poliamidas, oxígeno para el poliéster).

Poliadición

En esta operación se unen varias moléculas y redistribuyen los enlaces de valencia existentes en los monómeros, sin embargo no existe remoción de productos secundarios.

Muchos compuestos insaturados que se caracterizan por la presencia de un enlace doble entre dos átomos de carbono adyacentes como el etileno y sus derivados. Los acrílicos y las fibras de poliolefina se obtienen bajo esta síntesis.

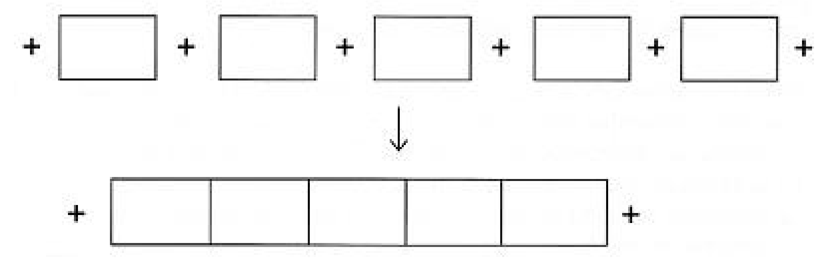


Fig. 74

Los polímeros más usados son moléculas de derivados del etileno, con uno o más átomos sustitutos de hidrógeno.

Por ejemplo: $CH_2 = CHX$

Donde X = H, CH_3, Cl, CN, OH y otros grupos.

Las cadenas que están formadas de esta manera se originan a partir de simples aberturas de enlaces dobles de etileno y se caracterizan por los enlaces entre los átomos de carbono solamente.

Diferencia entre los procesos de polimerización por adición y condensación

A través de la poliadición no sólo se eliminan las sustancias secundarias: las reacciones siguen un proceso en cadena, son más rápidas y altamente exotérmicas y por lo general requieren temperaturas más bajas. Los pesos moleculares (grado de polimerización) son más altos y es más probable que tengan cadenas de eslabones transversales o ramificados. La polimerización, una vez completada, no deja polímeros de longitud intermedia (oligómeros), solamente productos no reaccionados (monómeros).

La policondensación por el contrario, es un proceso en varias etapas que deja tras de sí, entre los productos de reacción, también polímeros de bajo peso molecular (oligómeros).

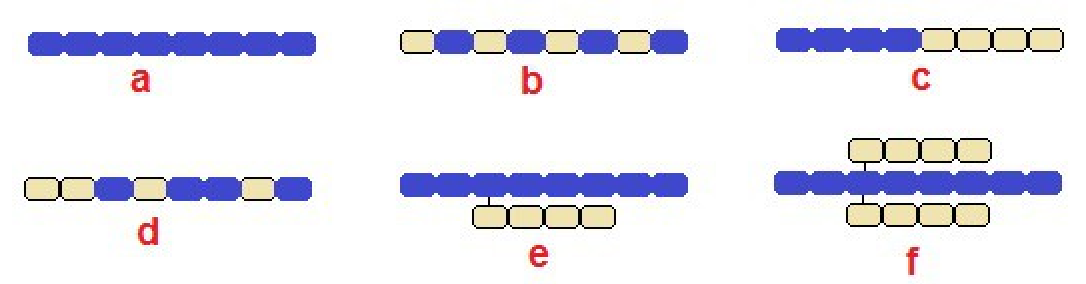


Fig. 75: a. Homopolímero b. Copolímero alternante c. Copolímero en bloque d. Copolímero aleatorio e. Copolímero de injerto f. Copolímero reticulado

Los principales grupos genéricos de fibras sintéticas que se utilizan son:

- Poliamidas
- Aramidas
- Poliésteres
- Acrílicas
- Modacrílicas
- Elastanos
- Poliolefinas
- Clorofibras
- Misceláneas

POLIAMIDA

En las cadenas macromoleculares de las poliamidas se suceden los grupos amida, de los que un mínimo del 85% están unidos a radicales lineales o cíclicos.

Reciben el nombre genérico de *Nylon,* y entre los diferentes tipos existentes destacan:

- **Poliamida 6,6**

  Obtenida por condensación de la hexametilendiamina y el ácido adípico, que le otorgan a la molécula 12 átomos de carbono en cada unidad de repetición, de ahí el nombre. Se comercializa bajo los nombres de Antron®, Blue C®, Cantrece®, Celanese Phillips®, Enka®Nylon.

- **Poliamida 6**

  Es una poliamida semicristalina, obtenida de la caprolactama (ésta tiene 6 átomos de carbono, de ahí el nombre). Sus nombres comerciales son Caprolan®, Enka®, Zefran®, Enkalon®, Perlon®.

- **Poliamida 6,10**

  Se obtiene por la condensación de la 1,6 hexanodiamina y el ácido decanodióico.

  Las fibras se hilan por fusión (punto de fusión 216° C). En muchos aspectos se asemeja a los nylon 6 y 6,6, pero tiene un bajo regain estándar (2,6%). Se utiliza sobre todo en las cerdas de cepillos.

- **Poliamida 11**

  Se obtiene por autocondensación del ácido omega-undecanoico, que se extrae del ricino (*Ricinus communis*). Se comercia con el nombre de Rilsan®.

  La fibra se hila por fusión (punto de fusión 189° C) y esencialmente posee las mismas propiedades que los nylon 6 y 6,6. Su tenacidad es alta (44 a 66 cN/ tex), el peso específico es 1,04, y su regain estándar llega a 1,2%. Tiene excelentes propiedades eléctricas y se utiliza en las cerdas de cepillos, cuerdas de neumáticos, ropa interior, y calcetería.

- **Poliamida 6,12**

  Se obtiene de la 1,6 hexametilendiamina y el ácido 1,12 dodecanoico.

- **Poliamida 12**

  A partir del butadieno, se fabrica la laurolactama, el monómero de esta poliamida.

- **Qiana®**

  Fabricada por Du Pont, se forma por la polimerización de trans, trans-di(4-aminociclohexil) metano y ácido azelaico.

  Se asemeja a los nylon 6 y 6,6 en muchas de sus propiedades, pero también tiene una textura sedosa, una apariencia lustrosa, excelente retención de forma, y un rendimiento general superior, ideal para productos textiles de prestigio y en ropas sofisticadas.

  Muestra una tenacidad de 26 – 31 cN/tex y un alargamiento a la rotura de 20 – 30%. Se ha reportado de mejor recuperación elástica que el nylon 6,6 o el poliéster. Tiene un peso específico de 1,03 y una recuperación de humedad de 2 – 2,5%, que son mucho más bajos que los valores de nylon 6 o 6,6. Qiana® funde a 275° C y es estable hasta 185° C. La sección transversal de la fibra es trilobal. Presenta una buena estabilidad química y es fácilmente teñible. Las excelentes cualidades estéticas y la capacidad de adaptación de esta fibra han contribuido en gran medida a su éxito.

- **Poliamida 4**

  Se produce por polimerización de la pirrolidona usando como catalizador el dióxido de carbono. Se hila por fusión (punto de fusión 273° C) para dar una cristalinidad del 60%. Tiene una resistencia moderada en seco (40 cN/tex) y ligeramente superior en húmedo. El peso específico (1,25) más alto que el nylon 6 y 6,6. Presenta una excelente elongación y regain comparable al algodón (8% a 21° C y 65% HR). Es fácil de lavar y se puede teñir fácilmente, aunque es sensible al hipoclorito. Aunque se realizó un gran intento para su comercialización, las condiciones del mercado la limitaron y el Nylon 4 ya no se produce.

- **Poliamida 4,6**

  Presenta un punto de fusión de 285° C y alto grado de cristalización. Alcanza una tenacidad de 70 cN/tex, con un alargamiento del 20%.

  Se comercializa bajo el nombre de Stanylenka®.

Las propiedades físicas y químicas de las diferentes poliamidas son similares: no se pudren, resisten al moho y no son atacadas por los insectos. Presentan bajo encogimiento al lavado y resisten los lavados a alta temperatura. Tienen una elevada resiliencia, por lo que los tejidos no se arrugan.

Presentan elevada resistencia a la abrasión y a la tracción. Se cargan mucho de electricidad estática y resisten poco a las exposiciones prolongadas de luz solar.

$$-\!\!\left[(CH_2)_5\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}NH\right]_n\!\!-$$

Fig. 76: Poliamida 6

$$-\!\!\left[\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}(CH_2)_4\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}NH(CH_2)_6NH\right]_n\!\!-$$

Fig. 77: Poliamida 6.6

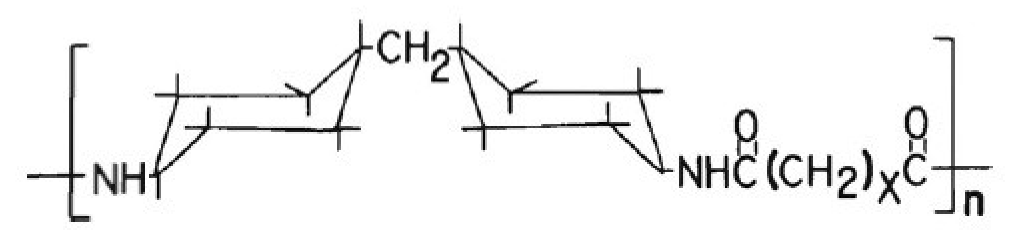


Fig. 78: Qiana

ARAMIDA

Son poliamidas aromáticas, de hecho, el nombre genérico es un acrónimo de su nombre en inglés (*aromatic polyamide*).

Las aramidas se definen como fibras en las que la sustancia que la forma es una cadena sintética poliamida en la que al menos el 85% de los grupos amidas están directamente relacionados con 2 grupos aromáticos. Las moléculas de la cadena están altamente orientadas a lo largo del eje de la fibra.

Sus características generales son alta resistencia al calor (se degradan a partir de 500º C) y elevada tenacidad.

Algunos nombres comerciales de este tipo de fibra son Nomex®, Kevlar®, Kermel®, Twaron®. Arenka®, Conex®.

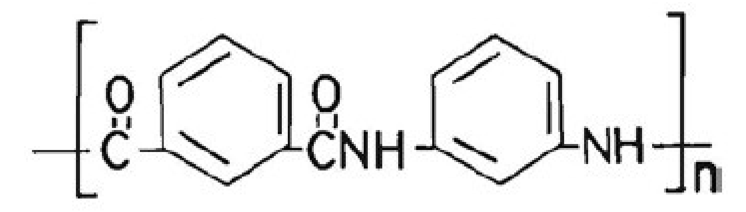


Fig. 79: Nomex

Fig. 80: Kevlar

POLIÉSTER

Es un politereftalato, obtenido de una reacción de transesterificación del dimetiltereftalato con el etilenglicol. Contiene como mínimo un 85% de éster de un diol y del ácido tereftálico.

Tiene un bajo regain estándar, lo que la hace muy apta para mezclarla con fibras naturales y mejorar su comportamiento, especialmente la facilidad de secado. Presenta una buena resistencia a la abrasión, superada sólo por la poliamida y la poliolefina, y una buena resistencia a la luz solar y a los agentes atmosféricos.

Su peso específico es parecido al de la lana y menor que el del algodón.

Experimenta un bajo encogimiento al lavado. Por su elevada resiliencia, las arrugas desaparecen al colgar las prendas en húmedo. Presenta una elevada estabilidad dimensional. Es muy termoplástico con memoria térmica, permitiendo el termofijado y el texturizado.

Es un gran aislante eléctrico y tiene excelente resistencia a los hipocloritos, oxidantes, reductores y a los disolventes orgánicos usados en el lavado en seco. También muestra buena resistencia a la polilla, bacterias y hongos.

Sus nombres comerciales son Avlin®, Beaunit®, Blue C®, Dacron®, Encron®, Fortrel®, Kodel®, Quintess®, Spectran®, Trevira®, Vyoron®, Zephran®, Diolen®, Vectran®.

Fig. 81: Tereftalato de polietileno (Poliéster)

Fig. 82: Tereftalato de poli-1,4 ciclohexilenodimetileno (Poliéster)

ACRÍLICO

Se obtiene a partir del propileno, del acetileno o del etileno, tratados con amonio o ácido cianhídrico. Su elevado punto de fusión hace inviable la hilatura por fusión. Se pueden obtener por hilatura en

seco o en húmedo. Los acrílicos hilados en seco son más brillantes y tienen, normalmente, un tacto más suave.

Las fibras acrílicas están formadas por macromoléculas lineales que contienen en su cadena un mínimo de 85% de acrilonitrilo. Las fibras pueden contener del 5 al 15% de productos de relleno (comonómeros) para aumentar su zona amorfa, obteniéndose una mayor variedad. Los comonómeros, al reducir la zona cristalina de la fibra, al reducir la zona cristalina de la fibra, rebajan el punto de transición vítrea de 105º C a 60º C, hecho fundamental en las operaciones de tintura.

Esta fibra tiene un marcado carácter iónico debido al grupo sulfato o sulfonado terminal.

Presenta un bajo encogimiento a los lavados domésticos. Tiene elevada resiliencia, por lo que las prendas se arrugan poco. No son termoplásticas, por lo que no se pueden termofijar ni texturizar.

Por su baja absorción de humedad, los textiles secan rápidamente. Su bajo peso específico lo hace muy ligero. Es de tacto suave y caliente, muy similar a la lana.

Tiene una discreta resistencia al desgaste por abrasión y una gran resistencia a la luz solar y a los agentes atmosféricos. Se plastifican a partir de 250º C y se descomponen al superar los 330º C.

Los hilos fijados de acrílico (regular) tienen encogimientos residuales en agua a ebullición del 2% al 5%, mientras que un acrílico HB (*high bulk*) encoge del 20% al 24% al provocar la retracción del hilo.

$$\left[\left(CH_2\underset{CN}{CH} \right)_x \left(CH_2\overset{R}{\underset{R'}{C}} \right)_y \right]_n$$

x>85% . y<15%

R = H, -CH_3 R' = -$\overset{O}{\overset{\|}{C}}OCH_3$, -$O\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_3$, piridina ,etc.

Fig. 83

Algunos nombres comerciales son Acrilan®, Courtelle®, Creslan®, Dralon®, Orlon®, Zefran®

MODACRÍLICO

Son fibras acrílicas que contienen entre el 50 y 85% de acrilonitrilo. Tienen un buen comportamiento al fuego, buena resiliencia, alto encogimiento (especialmente interesante para conseguir efectos especiales), y no son afectadas por los microorganismos.

$$\left[\left(CH_2\underset{CN}{CH} \right)_x - \left(CH_2\overset{R}{\underset{R'}{C}} \right)_y - \right]_n$$

35%< x <85%   15%< y <65%

R = H; CH_3; Cl   R' = -Cl, -$O\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_3$, -$\overset{O}{\overset{\|}{C}}OCH_3$, -N(anillo lactama)

Fig. 84

Nombres comerciales: Dynel®, Kanecaron®, Monsanto SEF®, Verel®.

ELASTANO

Es un poliuretano segmentado a base de un éter polibutilénico que actúa como un resorte entre los grupos funcionales de poliuretano. Es más resistente y duradero que el caucho, posee un poder de retención tres veces mayor y pesa un 30% menos.

Se trabaja como filamento continuo, que puede ser monofilamento o multifilamento.

El elastano se utiliza conjuntamente con otras fibras para fabricar tejidos óptimos para producir ropa interior, ropa femenina, calcetines. También esta presente en pantis y medias así como en ropa deportiva y en ropa de baño, ya que gracias a sus propiedades elásticas otorga libertad de movimientos a los deportistas que la utilizan.

Los porcentajes de elastano que se pueden incorporar a los tejidos son muy variables. Con tan sólo un 2% se mejora sustancialmente la retención de la forma del tejido. Contribuye a que las prendas no se arruguen.

Se le conoce también como *spandex*, mientras que sus nombres comerciales son Glospun®, Lycra®, Numa®, Unel®, Dorlastan®.

$$\left[-NH\overset{O}{\overset{\|}{C}}NH-R'-NH\overset{O}{\overset{\|}{C}}O-R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}NH-R'-\right]_n$$

$$R = -(CH_2CH_2O)_{\overline{n}}\ ,\ (CH_2)_6\overset{O}{\overset{\|}{C}}O\ ,\ etc.$$

R' = (benceno), (benceno)–CH_2–(benceno), (tolueno con CH_3), etc.

Fig. 85: Spandex

POLIOLEFINA

Se denomina poliolefina a todo aquel polímero obtenido mediante la polimerización de olefinas. El término IUPAC para olefina es "alqueno", por lo cual a las poliolefinas también se les puede denominar polialquenos.

En estas fibras (también llamadas olefínicas), la cadena del polímero debe estar conformado por al menos 85% (en peso) de etileno, propileno u otras unidades olefinas, exceptuando a las amorfas (no cristalinas).

Desde el punto de vista textil, existen dos fibras poliolefínicas: el polietileno y el polipropileno.

Entre sus nombre comerciales destacan Durel®, Herculon®, Marvess®, Polycrest®.

POLIETILENO

Químicamente es el polímero más simple. Se obtiene de la polimerización del etileno, del que deriva su nombre. Su fórmula química es $-(CH_2-CH_2)-_n$.

Es químicamente inerte, lo que lo hace imputrefacible y presenta una gran resistencia a la abrasión y a los productos químicos en general. La luz solar lo ataca. Tiene una elevada resiliencia, por lo que los artículos se arrugan poco. Su bajo peso específico la convierte en la fibra más ligera y voluminosa. Encoge muy poco en los lavados domésticos.

La fibra encoge a partir de 70º C y funde a 135º C.

$$-\left[CH_2CH_2\right]_n-$$

Fig. 86

POLIPROPILENO

Está formado por polimerización del propileno. Su fórmula química es $-(C_3H_6)-_n$

Por su naturaleza química no genera problemas alérgicos. Presenta buena resistencia a la abrasión, sólo superada por las poliamidas.

La fibra encoge a partir de los 70º C y funde a los 135º C. Su grado de aislamiento térmico es el más bajo de las fibras textiles. Requiere precaución en el planchado y con los disolventes orgánicos. Es menos estable a la luz solar que el polietileno.

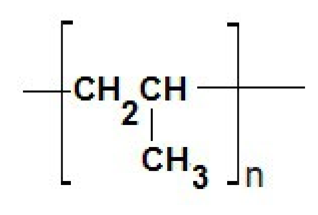


Fig. 87

CLOROFIBRA

Las clorofibras están formadas por macromoléculas lineales cuya cadena contiene más del 50% de cloruro de vinilo o vinilideno.

Tienen un tacto muy agradable, encogen poco al lavado doméstico. Su elevada resiliencia hace que las prendas recuperen rápidamente las arrugas. Presentan gran resistencia a la luz solar y a los agentes atmosféricos en general, a los microorganismos, a los ácidos y a los álcalis. Son atacadas por algunos disolventes orgánicos. No son termoplásticas, por lo que no se pueden termofijar ni texturizar. Se descomponen a 180º C. Tienen una buena resistencia a la abrasión y a la tracción.

Presentan mayor aislamiento térmico que las fibras naturales. Existen clorofibras de alta retracción (55%), por lo que resultan adecuadas para hilos de alta voluminosidad. Estas fibras retráctiles pueden teñir a 60º C sin presencia de carrier.

Se cargan negativamente y neutralizan las cargas positivas del cuerpo humano. Por este motivo se le atribuyen propiedades curativas de algunas enfermedades (reuma).

Existen dos tipos principales: el del Vinyon y el del Saran.

Vinyon

Se define como una fibra en la que al menos el 85% de las unidades monoméricas polimerizadas son cloruro de vinilo. Tiene alta resistencia a los ácidos, las bases y al agua, no arde, pero funde a

temperaturas relativamente bajas y se disuelve fácilmente en muchos solventes orgánicos, lo que limita su aplicación.

$$\left[(CH_2CH(Cl))_x - (CH_2CH(OCOCH_3))_y \right]_n$$

x > 85% y < 15%

Fig. 88: Vinyon

Presenta pesos específicos entre 1,38 – 1,40.

Se comercializa con los nombres de Avisco®, Clevyl®, Rhovyl®, Thermovyl®, Volpex®

Saran

Saran es el nombre genérico para las fibras compuestas de más de 80% por cloruro de vinilideno. La fibra se forma a través de la copolimerización de una emulsión de cloruro de vinilideno con cloruro de vinilo utilizando un catalizador de radicales libres, y el copolímero precipitado se funde para su hilatura.

$$\left[(CH_2CCl_2)_x - (CH_2CH(Cl))_y \right]_n$$

x > 80% y < 20%

Fig. 89: Saran

Presenta pesos específicos entre 1,62 – 1,75.

Sus nombres comerciales son Enjay®, Saran®, Kurehalon®, Q-957®, Ixan®.

FIBRAS MISCELÁNEAS

Se incluyen en este grupo a las fibras singulares, únicas en su especie, y no alcanzan a formar una categoría aparte.

POLITETRAFLUOROETILENO

Es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos flúor. La fórmula química del monómero, tetrafluoroetileno, es C_2F_4.

En algunos textos, a esta fibra se le denomina fluorofibra, o fibra de fluorocarbono.

Es extremadamente hidrófoba, estable química y térmicamente. Se la utiliza en aplicaciones donde se necesita tal estabilidad e inercia.

La polimerización de tetrafluoroetileno ocurre en condiciones de alta temperatura y presión usando catalizadores de peróxido. El polímero se hila en forma de dispersión para formar una fibra débil que después se calienta a 385° C para fundir las partículas de fibras individuales.

Los átomos de flúor altamente electronegativos ejecutan un embalaje muy apretado de las cadenas moleculares adyacentes firmemente sostenidas por fuerzas de Van der Waals y con un alto grado de cristalinidad. Las fibras son uniformes, con una sección transversal redonda.

Es una fibra suave y flexible de alto peso específico, y es totalmente hidrófoba. No se ve afectada por los disolventes a excepción de los hidrocarburos perfluorados por encima de 300° C. Es un excelente aislante eléctrico y térmico y no es afectado por la temperatura hasta los 300° C. Es químicamente inerte y puede ser utilizado en numerosas aplicaciones industriales de uso final, incluyendo la ropa de protección. Su hidrofobidad permite utilizarlo en materiales textiles repelentes al agua, pero transpirables, en particular en prendas para exteriores y de lluvia. Su peso específico es 2,1.

Se comercializa bajo el nombre de Teflon®.

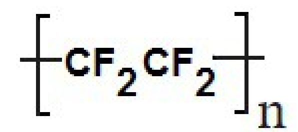


Fig. 90:
Tetrafluoroetileno

ANIDEX

En 1970, el anidex se introdujo como una fibra elastomérica por Rohm and Haas con el nombre comercial Anim®.

Está compuesta de al menos 50% (al peso) de uno o más ésteres de acrilato polimerizados. Éstos se forman a través de la copolimerización en emulsión de ésteres de acrilato reactivos con comonómeros reticulables tales como la metilolacrilamida.

La emulsión de copolímero resultante se mezcla con un material de relleno y se hila en húmedo para formar una fibra que se calienta para reticular las cadenas del polímero y proporcionar las propiedades elastoméricas necesarias.

La morfología y la acción elastomérica del anidex se asemeja al spandex y al caucho, aunque generalmente tiene una menor elongación a la rotura que éstas.

Tiene sección transversal redonda, su peso específico es 1,22, y un regain estándar de 0,5%. Además es más resistente al calor, la luz, y los productos químicos que cualquiera de spandex o de caucho.

De lo contrario, la fibra posee uso final propiedades muy parecidas a las de spandex.

NOVOLOID

Es de color amarillo dorado en color y posee buenas propiedades físicas y químicas.

La fibra se forma a través de la hilatura del prepolímero fenol-formaldehído, luego se calienta con vapor de formaldehído para reticular la estructura.

La fibra tiene baja cristalinidad, una tenacidad de 14 – 23 g/tex y un alargamiento a la rotura de aproximadamente 35%. Su peso específico es 1,29 y el regain de 4 – 8%. Es inerte a los ácidos y disolventes orgánicos, pero es más susceptible al ataque por bases.

Es resistente al calor hasta 150° C. Es inherentemente retardante de llama y no se funde; su LOI es muy alto (36%).

El novoloid se utiliza en ropas ignífugas de protección y en prendas de vestir o muebles en donde se desea baja inflamabilidad.

Su nombre comercial es Kynol®.

Fig. 91

NYTRIL

Las fibras nytril se componen de polímeros que contienen al menos 85% de unidades de dinitrilo de vinilideno. El comonómero utilizado en la síntesis es el acetato de vinilo. Los dos monómeros se polimerizan en benceno usando un catalizador (peróxido). El polímero es precipitado, lavado, y disuelto en N,N dimetilformamida y luego se extruye a través de una hilera dentro de un baño de coagulación para formar fibras.

Las propiedades de esta fibra son similares a las acrílicas. Posee moderadas resistencia a la tracción, regain y propiedades térmicas. Es resistente a los productos químicos y a la luz solar, pero es tan inflamable como las fibras celulósicas. Muestra un peso específico de 1,20.

Se comercializa bajo el nombre de Darvan®.

POLIBENZIMIDAZOL

Fue desarrollado por la Fuerza Aérea de los EE.UU. y Celanese como fibra ignífuga para uso en aplicaciones aeroespaciales.

Se fabrica a partir de N,N-dimetilacetamida seguido por una derivatización con ácido sulfúrico para formar una fibra dorada. Tiene una resistencia moderada (26 cN/tex) y buen alargamiento a la rotura (30%), un moderado peso específico (1,4 g/cm^3), y un alto regain (15%).

Las telas poseen buena mano y cobertura, siendo estables al ataque de luz ultravioleta.

Esta fibra tiene pobre capacidad tintórea. Además de su baja inflamabilidad, presenta un alto grado de resistencia química y a la oxidación, no muestra encogimiento apreciable por calor hasta los 600° C y emite sólo pequeñas cantidades de humo y gases tóxicos en ignición.

Su nombre comercial es PBI®.

POLIIMIDA

Se hila a partir del polímero en húmedo o en seco usando un disolvente polar orgánico (tal como N, N-dimetilformamida), tiene una sección transversal redondeada o de hueso de perro.

Presenta una tenacidad de 17 – 26 cN/tex y un alargamiento a la rotura de 28 – 35%. Alcanza un regain estándar de 2,0 – 3,0% y funde a aproximadamente 600° C. Fue introducida por la Upjohn Company para su utilización en retardantes de llama y en aplicaciones para altas temperaturas.

Uno de sus nombres comerciales es P84®.

VINAL

Se compone de polímeros que contienen al menos 50% (al peso) de alcohol vinílico y donde el total de las unidades de alcohol vinílico y las unidades *acetal* es de al menos 85% en peso de la fibra. La fibra es barata, y se parece a algodón en sus propiedades.

Algunos de sus nombres comerciales son Kuralon®, Manryo®, Woolon®, Cremona®.

$$\left[(CH_2CH)_x - (CH_2CH)_y \right]_n$$

(OH on the first unit; O–HCR–O on the second unit)

$x > 50\%,\ x + y > 85\%,\ R = H,$ [phenyl ring]

Fig. 92: Vinal

MELAMINA

Formada por un polímero compuesto de al menos 50% (en peso) de un polímero reticulado de melamina.

El proceso de producción se basa en la reticulación de unidades de melamina (no termoplásticas) unidas por enlaces metileno y éter dimetileno. En la reacción de polimerización, derivados metilol de melamina reaccionan entre sí para formar una estructura tridimensional. Esta estructura es la base de la estabilidad térmica de la fibra, su resistencia a los disolventes y a la llama.

ELASTOESTER

Formada por un polímero que contiene al menos 50% (en peso) de poliéter alifático y al menos 35% (en peso) de poliéster.

NAFTALATO DE POLIETILENO

Llamada también fibra PEN (*Polyethylene Naphthalate*). Es un miembro de alto rendimiento de la emparentado con los poliésteres. Su estructura química única, lo hace útil para fibras, películas y envases.

Esta fibra tiene un módulo de Young[10] que es cinco veces mayor que el nylon, dos y media veces mayor que el poliéster, y el doble del rayón.

ÁCIDO LÁCTICO

Llamada también fibra PLA (*Polylactic Acid*). El polímero está compuesto de al menos 85% (en peso) por ésteres de ácido láctico, que proviene de la fermentación de azúcares naturales, como el de maíz y remolacha azucarera.

SULFAR

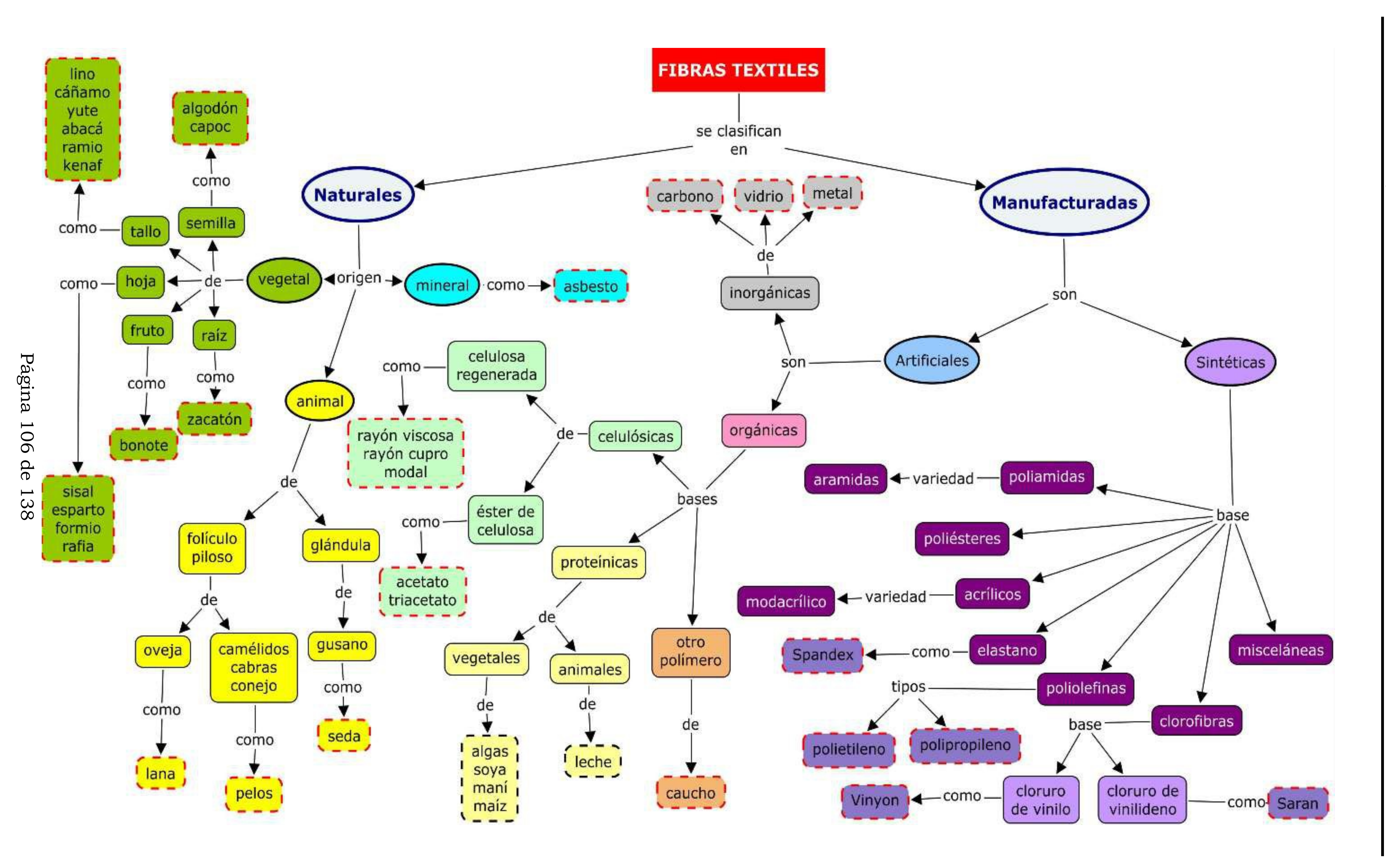
Formada por un polímero, en el que al menos 85% del los enlaces sulfuro ($-S_n-$) están unidos directamente a dos (2) anillos aromáticos.

El sulfuro de polifenileno se forma por reacción del azufre con diclorobenceno, hilándose luego mediante fusión.

Es una fibra que tiene notable resistencia a los químicos y al calor. Actualmente se produce en Japón.

10 Es una medida de la resistencia a la deformación que posee un cuerpo, bajo la acción de una fuerza de tensión y/o compresión.

<table>
<tr><th rowspan="2">Fibra</th><th rowspan="2" colspan="2">Nombre comercial</th><th colspan="2">Alargamiento %</th><th colspan="2">Tenacidad cN/tex</th><th rowspan="2">Peso específico g/cm^3</th><th rowspan="2">Regain estándar %</th></tr>
<tr><th>Seco</th><th>Húmedo</th><th>Seco</th><th>Húmedo</th></tr>
<tr><td rowspan="9">Acrílico</td><td colspan="2">Acribel</td><td colspan="2">40 – 45</td><td>22,8 – 25,5</td><td>19,3 – 22</td><td>1,14</td><td rowspan="9">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Acrilan</td><td>36 – 40</td><td>44 – 49</td><td>20,6 – 23, 9</td><td>17,6</td><td>1,17</td></tr>
<tr><td colspan="2">Courtelle</td><td colspan="2">40</td><td>24,6 – 30,8</td><td>20,2 – 23,7</td><td>1,15</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Crylor</td><td>Fil</td><td>20 – 25</td><td>22 – 28</td><td>30 – 40</td><td>25 – 33</td><td rowspan="2">1,16 – 1,20</td></tr>
<tr><td>Stp</td><td>30 – 45</td><td>32 – 47</td><td>25 – 35</td><td>20 – 30</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dolan</td><td colspan="2">20 – 40</td><td>17,6 – 35,4</td><td>15,8 – 30,8</td><td>1,20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dralon</td><td>Stp</td><td>22 – 28</td><td>35 – 40</td><td>28,1</td><td>22,8</td><td rowspan="2">1,15</td></tr>
<tr><td>Fil</td><td>34 – 38</td><td>44 – 48</td><td>36,9</td><td>33,4</td></tr>
<tr><td colspan="2">Leacril</td><td>40 – 45</td><td>44 – 49</td><td>21,5 – 25,5</td><td>18,5 – 22</td><td>1,17</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Modacrílico</td><td colspan="2">Dynel</td><td colspan="2">39</td><td colspan="2">22 – 29</td><td>1,3</td><td rowspan="2">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Verel</td><td colspan="2">35</td><td>22 – 24,6</td><td>21,1 – 23,7</td><td>1,37</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Poliamida</td><td rowspan="3">Nylon(6,6)</td><td>FHT</td><td>19</td><td></td><td>70 – 80</td><td></td><td rowspan="5">1,14</td><td rowspan="5">Fil : 5,75
Stap : 6,25</td></tr>
<tr><td>FST</td><td>30 – 40</td><td>40 – 50</td><td>43 – 52</td><td>39 – 48</td></tr>
<tr><td>Stp</td><td>45 – 85</td><td>47 – 87</td><td>30 – 45</td><td>27 – 40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Perlon</td><td>Stp</td><td colspan="2">36 – 54</td><td colspan="2">35,2 – 52,8</td></tr>
<tr><td>Fil</td><td colspan="2">34 – 38</td><td colspan="2">39,6 – 73</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Aramida</td><td rowspan="2">Kermel</td><td>Fil</td><td colspan="2">10 – 14</td><td>30 – 50</td><td>15 – 40</td><td rowspan="2">1,34</td><td rowspan="2">4,5</td></tr>
<tr><td>Stp</td><td colspan="2">15 – 20</td><td>30 – 35</td><td>15 – 20</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nomex</td><td>22 – 32</td><td>20 – 30</td><td>36 – 50</td><td>27 – 37</td><td>1,38</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10">Poliéster</td><td colspan="2">Dacron</td><td colspan="2">12 – 50</td><td colspan="2">19,3 – 52,8</td><td rowspan="10">1,38</td><td rowspan="10">Stap : 1,5
Fil : 3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diolen</td><td colspan="2">30 – 40</td><td colspan="2">39,6 – 61,6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Tergal</td><td>FST</td><td colspan="2">15 – 30</td><td>40 – 60</td><td></td></tr>
<tr><td>FHT</td><td colspan="2">7 – 15</td><td>60 – 80</td><td></td></tr>
<tr><td>S</td><td colspan="2">15 – 50</td><td>40 – 60</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Terital</td><td>Stp</td><td colspan="2">25 – 30</td><td colspan="2">60 – 65</td></tr>
<tr><td>Fil</td><td colspan="2">30 – 35</td><td colspan="2">45 – 50</td></tr>
<tr><td colspan="2">Terylene</td><td colspan="2">6,5</td><td colspan="2">35,2 – 74,8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Trevira</td><td>FST</td><td colspan="2">15 – 50</td><td>29 – 58</td><td></td></tr>
<tr><td>FHT</td><td colspan="2">8 – 15</td><td>59,8 – 70,4</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Poliolefina</td><td colspan="2">Polipropileno</td><td colspan="2">70 – 180</td><td colspan="2">27 – 40</td><td>0,91</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Polietileno</td><td>H</td><td colspan="2">14 – 18</td><td colspan="2">48,4 – 57,2</td><td rowspan="2">0,95</td><td rowspan="2">1,5</td></tr>
<tr><td>M</td><td colspan="2">18 – 22</td><td colspan="2">30,8 – 39,6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Clorofibra</td><td colspan="2">Clevyl T</td><td colspan="2">40 – 70</td><td colspan="2">16 – 18</td><td>1,38</td><td rowspan="3">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retractyl</td><td colspan="2">55</td><td colspan="2">15</td><td>1,4</td></tr>
<tr><td colspan="2">Thermovyl</td><td colspan="2">150 – 190</td><td colspan="2">11</td><td>1,38</td></tr>
<tr><td>Fluorofibra</td><td colspan="2">Teflon</td><td colspan="2">13</td><td colspan="2">14</td><td>2,3</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Elastano</td><td colspan="2">Dorlastan</td><td colspan="2">600</td><td colspan="2">7</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">1,5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Lycra</td><td colspan="2">600</td><td colspan="2">7</td></tr>
</table>


FIBRAS TEXTILES
se clasifican en
Naturales
Manufacturadas
origen
vegetal
mineral
como
asbesto
animal
de
semilla
tallo
hoja
fruto
raíz
algodón capoc
lino cáñamo yute abacá ramio kenaf
sisal esparto formio rafia
bonote
zacatón
folículo piloso
glándula
oveja
camélidos cabras conejo
gusano
lana
pelos
seda
son
Artificiales
Sintéticas
inorgánicas
orgánicas
carbono
vidrio
metal
bases
celulósicas
proteínicas
otro polímero
caucho
celulosa regenerada
éster de celulosa
rayón viscosa rayón cupro modal
acetato triacetato
vegetales
animales
algas soya maní maíz
leche
base
poliamidas
variedad
aramidas
poliésteres
acrílicos
modacrílico
elastano
Spandex
poliolefinas
tipos
polietileno
polipropileno
clorofibras
cloruro de vinilo
cloruro de vinilideno
Vinyon
Saran
misceláneas

MICROFIBRAS

Se entiende comúnmente por *microfibra* a toda fibra o filamento con una finura gravimétrica menor a 1 decitex, en el contexto europeo, e inferior a 1,1 decitex (1 denier) en Estados Unidos.

Estas microfibras pueden obtenerse por disolución química, por distorsión mecánica o por falsa torsión. Sus principales aplicaciones son para fabricar artículos que imitan la seda natural, cueros artificiales, prendas de abrigo y en aplicaciones biológicas (arterias artificiales, separadores de células de sangre, retentores de enzimas).

Los tejidos elaborados con microfibras tienen mayor voluminosidad y flexibilidad, tacto agradable, se arrugan menos y mejoran la caída de las prendas. Aumenta también la cobertura del tejido y el aislamiento térmico. En contrapartida, normalmente, disminuye la resistencia a la abrasión.

Un hilado fabricado con microfibras tiene mayor superficie específica, por lo que convendría adecuar las recetas de engomado y tintura para obtener resultados óptimos. Conviene tener presente que los filamentos más finos quedan más claros y los gruesos más oscuros en las mismas condiciones de teñido.

Si se esmerilan los tejidos de microfibras se pueden obtener acabados muy agradables al tacto.

FIBRAS BICOMPONENTES

Ya vimos que a las fibras manufacturadas (artificiales y sintéticas), el hombre puede, hasta cierto punto, modificar su forma seccional, así tenemos fibras redondas, triangulares, lobuladas, aserradas, huecas, en forma de cruz, etcétera.

Es más: hasta se puede combinar en una fibra dos sustancias diferentes, con el objeto de potenciar sus propiedades, éstas son las llamadas fibras bicomponentes.

La siguiente imagen muestra de qué manera se unen dos sustancias para obtener una fibra bicomponente.

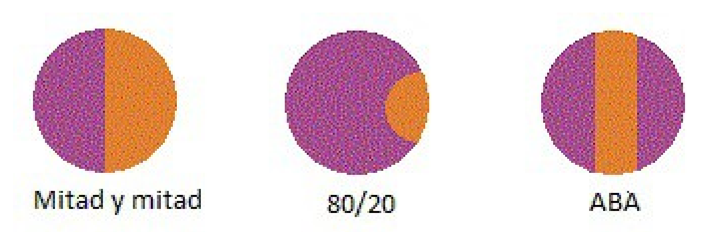


Fig. 93: Sección circular, lado por lado

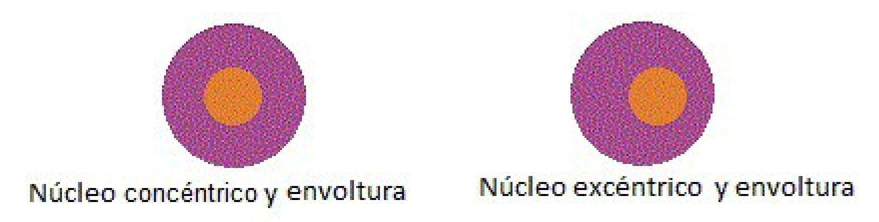


Fig. 94: Sección circular, núcleo y envoltura



Fig. 95: Sección circular, disposiciones varias



Fig. 96: Secciones varias, disposiciones varias

¿Puede una fibra sintética ser más absorbente que el algodón?

Se tiene una fibra bicomponente con forma seccional de pastel dividido, compuesta de poliamida y poliéster, según se muestra en la fig. 97.

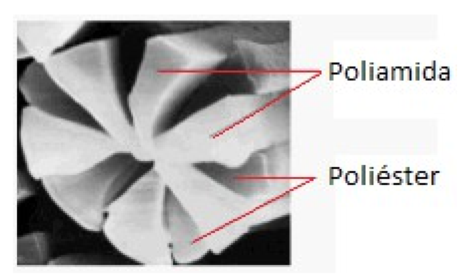


Fig. 97

Según se dice, esta fibra alcanza un alto grado de retención de humedad, absorbiendo 7 veces su peso en agua, superando en esto al algodón.

Pero... ¿cómo es posible esto, si se conoce los bajos valores de regain del poliéster (1,5%) y la poliamida (6,25%)? ¿Porqué la unión de éstas fibras logra una retención de humedad del 700%?

La respuesta está en la forma seccional de la fibra: si ésta presenta muchos espacios vacíos, es allí donde el agua desplazará al aire y se retendrá. La forma de pastel dividido presenta muchos espacios vacíos que luego alojarán agua.

Además, esta forma seccional maximiza la superficie específica de la fibra, y ello significa que más agua estará en más superficie.

Para hacernos una idea sobre la importancia de la superficie específica en la adsorción (no confundir con absorción) de líquidos haré una pequeña demostración con ayuda de nuestra amiga la matemática: Imagina una esfera de un material X de radio 1 cm. Esta esfera será nuestro sólido 1.

La geometría nos dice que la superficie de la esfera es:

$$Superficie=4\cdot\pi\cdot r^2$$

$$Superficie=4\cdot 3{,}1416\cdot(1\,cm)^2=12{,}57\,cm^2$$

Mientras que el volumen:

$$Volumen=\frac{4\cdot\pi\cdot r^3}{3}$$

$$Volumen=\frac{4\cdot 3{,}1416\cdot(1\,cm)^3}{3}=4{,}19\,cm^3$$

Ahora, si a esta esfera de 4,19 cm^3, la laminamos para obtener una superficie cuadrada con un espesor de, digamos, 1 milímetro (0,1 cm), hallaremos las nuevas dimensiones de este cuerpo, y éste será nuestro sólido 2.

$$Volumen=largo\cdot ancho\cdot espesor$$

$$4{,}19\,cm^3=x\cdot x\cdot 0{,}1\,cm\rightarrow x^2=41{,}9\,cm^2\rightarrow x=6{,}47\,cm$$

Si deseamos ahora saber la superficie de este sólido, tenemos que descomponer todas sus caras y sumar su superficie, así:

(x2) 6,47 cm • 6,47 cm = (x2) 41,86 cm^2 = 83,72 cm^2

(x4) 6,47 cm • 0,1 cm = (x4) 0,647 cm^2 = 2,59 cm^2

Entonces sumamos: 83,72 cm^2 + 2,59 cm^2 = 86,31 cm^2 y ésta es la superficie de este sólido.

Recapitulamos entonces:

Superficie sólido 1: 12,57 cm^2

Superficie sólido 2: 86,31 cm^2

Ahora bien, si a ambos sólidos los sumergimos en un balde con agua y luego los retiramos ¿cuál de ellos captará más agua?... pues el que ofrece mayor superficie.

Asumiendo que el agua se adhiere homogéneamente sobre la superficie expuesta de los sólidos, hallaremos que:

$$\frac{S\,sólido_2}{S\,sólido_1}=\frac{86{,}31\,cm^3}{12{,}57\,cm^3}=6{,}87$$

Entonces el sólido 2 tendrá sobre su superficie 6,87 veces más agua que el sólido 1 ¡Y eso que ambos tienen igual volumen[11], y por lo tanto, pesan lo mismo!

Esto quiere decir que si a un material con poca afinidad por el agua le incrementamos su superficie específica, haremos que capte más agua, aún sin alterar su peso. Pues bien, éste uno de los principios de la adsorción de líquidos.

Y por eso la fibra de la fig. 97 retiene más agua, a pesar de esta compuesta por sintéticos, pues su forma de pastel dividido:

- contiene espacios vacíos que donde se retendrá el líquido, e
- incrementa su superficie específica.

11 En los sólidos, el volumen es invariable

Está demás decir que si las fibras fuesen de sección circular, no harían tal *milagro*.

Entonces cuando les mencionen que un paño hecho con fibras sintéticas puede captar más agua que el algodón, puede que sea verdad.

ETIQUETADO PARA EL CUIDADO DE LAS PRENDAS

Puesto que las fibras reaccionan de manera diversa frente a ciertas fuerzas, es importante entonces indicar al consumidor final la manera correcta del cuidado de las prendas durante su vida útil.

Corresponde al usuario el realizar operaciones de lavado, secado y planchado. Y según la manera que las realice, puede ocasionar daños a la fibra o deformaciones de la prenda.

El etiquetado de las prendas tiene el objetivo de orientar al usuario final sobre las condiciones adecuadas de temperatura, presencia de químicos, tensión, agitación; pero de manera sencilla y clara.

Esto se logra mediante el empleo de símbolos y/o texto. En la fig. 98 se muestra la codificación para el etiquetado del cuidado de prendas según la norma ASTM D 5489 *Standard Guide for Care Symbols for Care Instructions on Textile Products*.

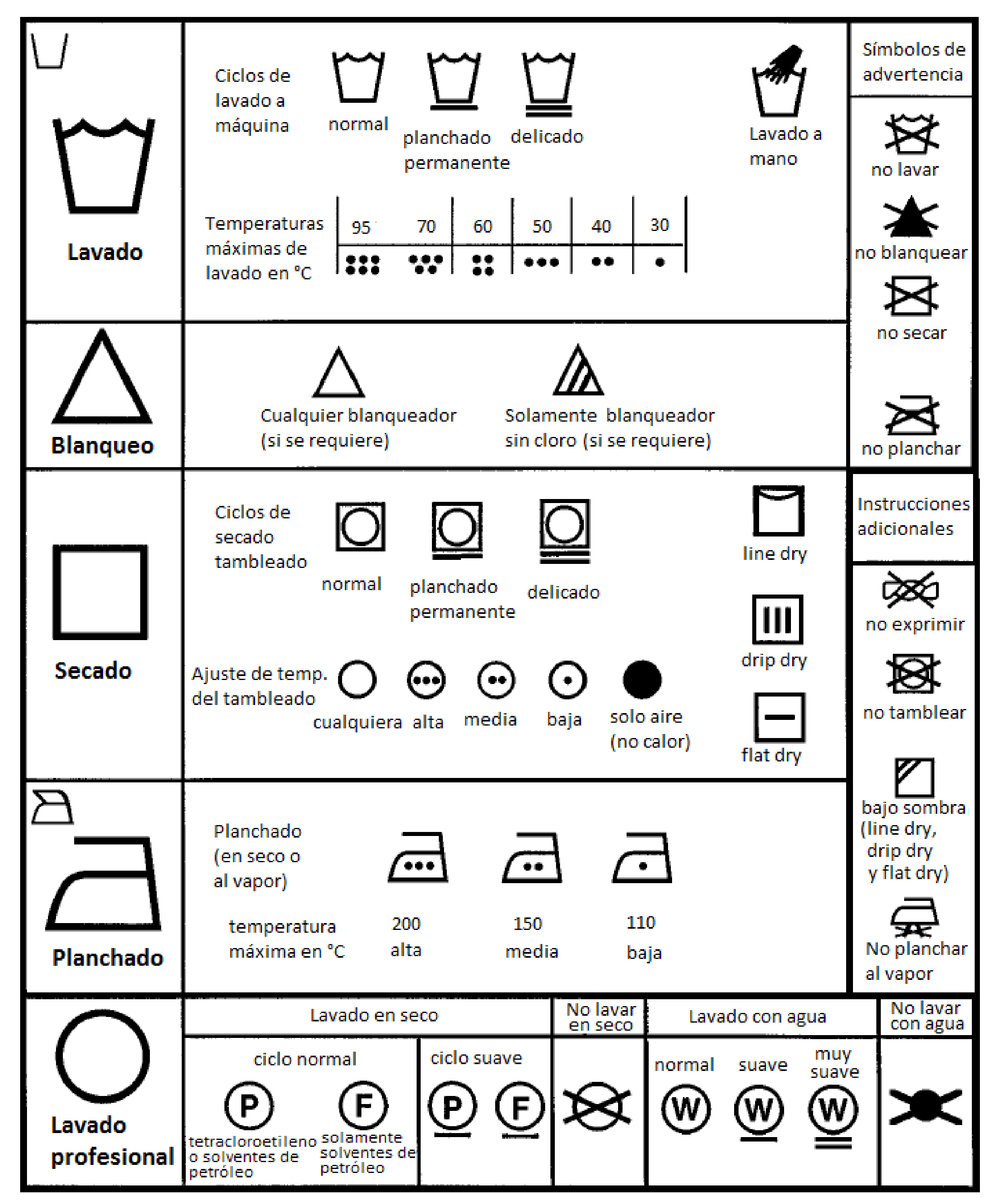


Fig. 98: Símbolos para el etiquetado de prendas

IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS TEXTILES

La identificación de fibras en la industria textil juega un papel muy importante ya que de los resultados obtenidos podemos determinar qué fibras componen un determinado material.

Se emplean variados métodos, que se agrupan entre ensayos no técnicos y ensayos técnicos:

Ensayos no técnicos:

Son evaluaciones subjetivas donde se emplean los sentidos. Estos ensayos no están normalizados, destacan:

- Por tacto
- Por combustión

Ensayos técnicos:

Requieren el empleo de instrumentos, equipos y tablas estándares, podemos mencionar dentro de éstos:

- Por observación bajo el microscopio
- Por solubilidad química
- Por determinación del punto de fusión
- Por gravedad específica
- Por teñido
- Por espectroscopia infrarroja

A su vez, según la determinación del contenido de fibras de un material textil, los ensayos pueden ser:

Cualitativos

Son aquellos que solamente confirman la presencia de una fibra, o varias de ellas, si están conformando una mezcla.

Cuantitativos

Son muy útiles en mezclas de fibras, pues – además de la presencia – permiten determinar el porcentaje (usualmente en peso) de cada una de éstas respecto de la mezcla total.

MÉTODO DEL TACTO

Implica tocar la muestra y sentirla mediante el tacto para determinar la fibra componente. Por ejemplo, los tejidos de lana se sienten calientes al tacto debido a que el calor generado por la mano no es absorbido por la lana – que es un no conductor de calor – permanecerá en el área tocada. Por otra parte, los tejidos compuestos de fibras celulósicas tales algodón, lino y viscosa, se sienten fríos al tacto: como son conductores del calor, el calor generado por el dedo es absorbido por el tejido.

Sin embargo, se requiere una larga experiencia de manipulación de tejidos diferentes en un período de tiempo para adquirir tal habilidad. Además, es difícil examinar y comparar los tejidos hechos de contenidos de fibras diferentes con esta prueba.

MÉTODO DE LA COMBUSTIÓN

Mediante este método, se expone directamente a una llama una muestra textil y se observa algunas características como:

- Su comportamiento acercándose a la llama *(si se funde, encoge o enrolla)*
- Su comportamiento dentro de la llama *(si la combustión es rápida o lenta, con fusión o sin ella)*
- Su comportamiento retirándose de la llama *(si continúa ardiendo o se apaga al alejarla del fuego)*
- El olor que desprende al arder *(asociado a alguno conocido)*
- Los residuos o cenizas que deja *(color, forma, fragilidad, regularidad)*

Este procedimiento brinda resultados cualitativos, brindando rápidamente una idea de la composición textil, sin embargo, para una certeza en los resultados, debe complementarse necesariamente con otros métodos de identificación.

No se recomienda aplicar este ensayo si la muestra presenta mezcla de fibras o contiene fibras bicomponentes. Para verificar esto se aconseja utilizar el método microscópico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Preparar especímenes

- Numerar cada muestra, evitando su mezcla
- Coger un mechón de fibras de la muestra

Quemar especímenes

- Sostener con una pinza el mechón de fibras
- Acercar el mechón de fibras a la llama
- Observar el comportamiento de la combustión de fibras en los siguientes casos:
    - al acercarse a la llama
    - en la llama
    - al retirarlo de la llama
- Anotar el olor, el color y la dureza de las cenizas
- Repetir la operación para cada una de las muestras de fibras

Norma de seguridad: Emplea SIEMPRE pinzas para sujetar las muestras durante el ensayo, para evitar quemaduras.

CUADRO DE COMBUSTIÓN DE FIBRAS

Fibra	En la llama	Al separarse de la llama	Residuo	Olor
Acetato	Arde con fusión	Continúa ardiendo con fusión	Duras, quebradizas, negras, irregulares	Acre, parecido a vinagre
Acrílica	Arde con fusión	Continua ardiendo y funde	Deja gota negra, dura y frágil	
Asbesto	Se pone incandescente	No arde	En forma de polvo, si la llama es fuerte	Ninguno
Clorofibra	Arde lentamente con fusión	Se apaga sola	Deja gota dura y negra	
Elastano	Arde con fusión	Continua ardiendo derritiéndose	Deja ceniza blanda y negra	
Naturales celulósicas, rayón viscosa y Modal	Arde sin fusión	Continúa ardiendo, queda incandescente	Cenizas grises	Papel quemado
Naturales proteínicas	Arde lentamente llama chisporroteante, con un poco de fusión	Continua ardiendo con fusión y a veces se apaga	Residuo negro, hinchado, fácilmente pulverizable	Pelo quemado
Poliamida	Arde con fusión, emite humo blanco y caen gotas amarillentas	Generalmente se apaga sola, forma pequeña bola en el extremo	Duras, redondas, grises a amarillentas	Apio o pescado
Poliéster	Arde lentamente con fusión, emite humo negro y gotea	Generalmente se apaga sola, forma pequeña bola negra en el extremo	Deja gota negra y dura	Ligeramente dulce, como a lacre
Polietileno	Se encoge, riza, funde y gotea	Arde lentamente con fusión, sin encogerse	Blanda, redonda, del mismo color de la fibra	Parafina (cera) quemada
Polipropileno	Se encoge, arde y gotea	Arde rápidamente con fusión	Deja gota pardo amarillenta	Asfalto o parafina quemada
Vidrio	Se pone incandescente	No arde	Ninguno	Ninguno

MÉTODO MICROSCÓPICO

Mediante este método, con el empleo de un microscopio se diferencian las distintas clases de fibras por características que presentan; siendo la evaluación completamente visual. La identificación se realiza comparando lo observado con microfotografías patrones.

Se distinguen dos procedimientos:

- Identificación de fibras según su vista longitudinal
- Identificación de fibras según su vista transversal

Este método brinda resultados cualitativos en casos de mezcla de fibras, siendo laborioso obtener resultados cuantitativos, dado que esto implica realizar numerosos ensayos para reducir el margen de error.

Es un método bastante seguro para fibras naturales, en cambio, para las fibras manufacturadas puede llevar a errores. En las fibras naturales el hombre no puede cambiar su forma; en las fibras artificiales y sintéticas, interviene mucho sobre sus propiedades y características, pudiendo cambiar su vista longitudinal y su corte transversal, encontrando varias fibras con la misma forma (las acrílicas o el poliéster, como ejemplos); presentándonos aquí ambigüedades en la identificación de la muestra.

Microfotografías de fibras

Su propósito es resaltar las características más destacables de las fibras para su identificación, más aun cuando se trata de mezclas en general. Generalmente en cada microfotografía se muestra la sección longitudinal a 250 aumentos (250X) o 500 aumentos (500X).

IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS SEGÚN SU VISTA LONGITUDINAL

Se observa la fibra a lo largo de su eje longitudinal, anotando características como:

- ◇ Escamas, circunvoluciones o irregularidades de tamaño y forma a lo largo del eje longitudinal.
- ◇ Presencia de manojos de fibras o nudos.
- ◇ Estrías a lo largo del eje.
- ◇ Partículas de pigmento, como agentes de mateado o deslustrado.
- ◇ Diferencias de color, etc.

ASPECTO MICROSCÓPICO DE FIBRAS TEXTILES EN VISTA LONGITUDINAL

Fibra	Aspecto longitudinal
Algodón	Forma de cinta con frecuentes torsiones, a veces cambian de dirección. Las fibras inmaduras presentan paredes delgadas con ligeras torsiones.
Lana	Presenta escamas a lo largo de su eje.
Alpaca, mohair y cashmere	La superficie está cubierta por escamas muy finas con perfil suave.
Lino	Presenta nudos y dislocaciones transversales, recuerda a la caña de azúcar.
Rayón viscosa	Presenta numerosas estrías paralelas a los bordes.

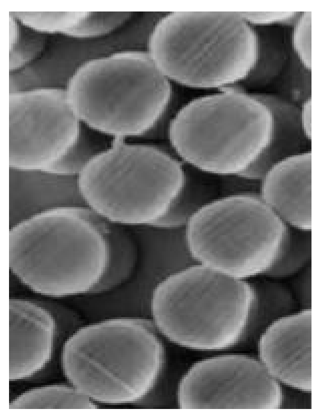
Acetato y triacetato	Aspecto liso, con algunas estrías paralelas a su eje.
Nylon 6,6	Cilíndrico y liso, con los bordes muy remarcados y oscuros.
Nylon trilobal	Presenta estrías longitudinales.
Dralón y Orlón	Parecido a una cinta con muy poca tensión, con remarcables rayas a lo largo del eje.
Poliéster	Generalmente cilíndrico y liso.

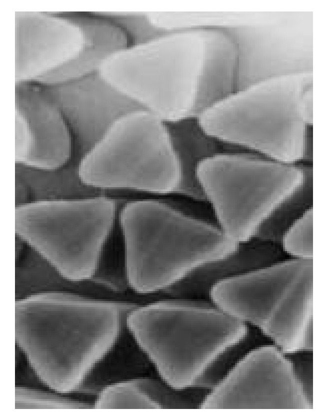
IDENTIFICACIÓN DE FIBRAS SEGÚN SU VISTA TRANSVERSAL

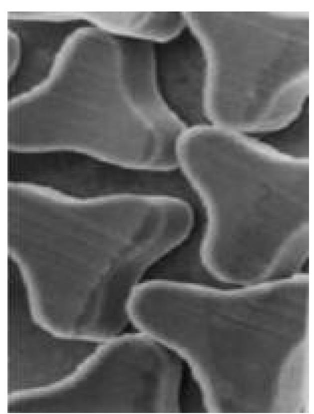
Se observa el aspecto de la sección de la fibra, vista *de frente*.

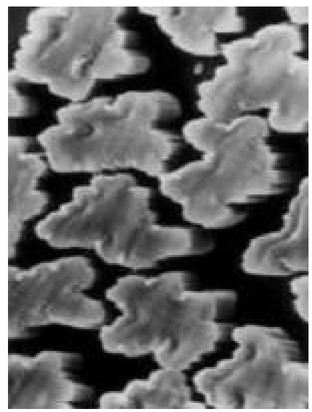
Se emplea una lámina metálica, esta placa presenta agujeros por donde el espécimen se inserta junto a material de relleno, luego es cortado al ras y sometido al examen microscópico para su reconocimiento, según las características que presenta la sección transversal, como:

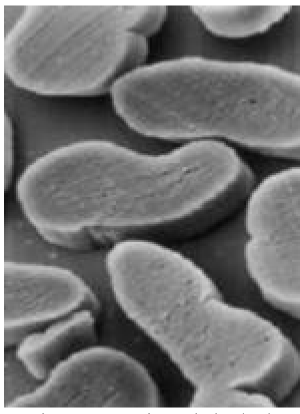
- Forma de la sección: *circular, triangular, cuadrada, poligonal, ovalada, cinta*
- Contornos: *angular, lobulada, aserrada*
- Tipo de estructura: *sólida, hueca*
- Formas especiales: *núcleo cubierto, núcleo cubierto concéntrico, matriz fibrilar*
- Variabilidad en el tamaño de todas las fibras

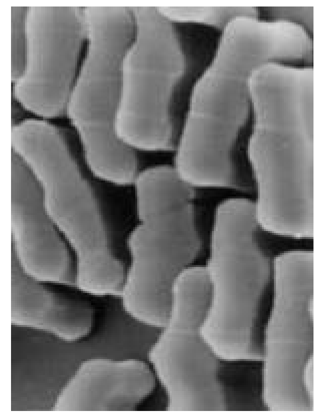

Fig. 99: Circular

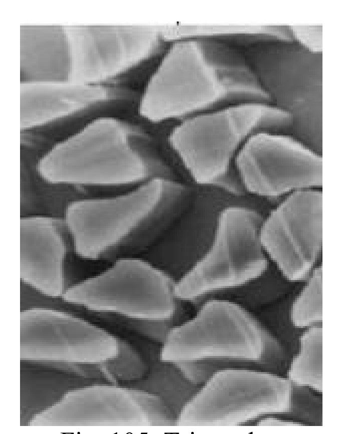

Fig. 100: Triangular


Fig. 101: Trilobal


Fig. 102: Irregular


Fig. 103: Cinta lobulada


Fig. 104: Cinta irregular lobulada


Fig. 105: Triangular, levemente irregular

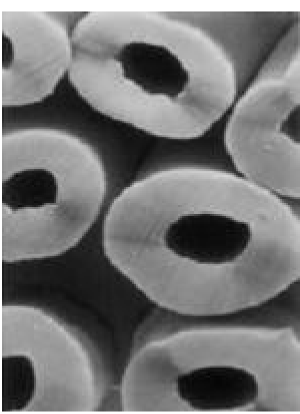
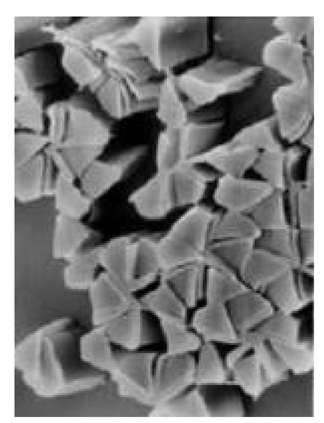

Fig. 106: Circular hueca


Fig. 107: Gran núcleo concéntrico (bicomponente)


Fig. 108: Matriz fibrilar

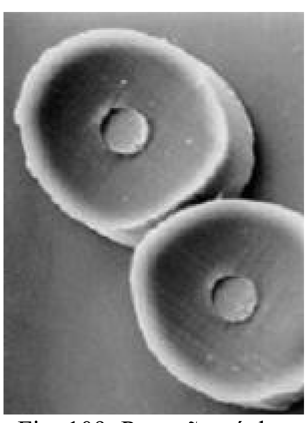

Fig. 109: Pequeño núcleo concéntrico (bicomponente)


Fig. 110: Circular, diámetros variables

Fibra	Aspecto transversal
Algodón	Muestra forma de riñón, en las fibras maduras con tendencia a tornarse circulares. Presencia de lumen.
Lana	De forma circular o ligeramente elíptica. Presenta fibras con varios diámetros.
Alpaca, mohair y cashmere	Circulares
Lino	Poligonal, presencia de un canal interior parecido al del algodón.
Rayón viscosa	Forma irregular (nubes o pop corn).
Acetato	Forma irregular, ligeramente lobulada.
Nylon 6,6	Circular, sin variabilidad de diámetros.
Nylon trilobal	Trilobal.
Dralón y Orlón	Forma de hueso de perro, o maní.
Poliéster	Generalmente circular.

MÉTODO DE LA SOLUBILIDAD QUÍMICA

Este método se basa en que la mayoría de las sustancias se funden ante un agente químico específico (o varios de ellos)[12], mientras son inalterables frente a otros. Ocurre entonces que dos fibras distintas pueden tener diferentes comportamientos en presencia de ácido, bases y solventes orgánicos.

No se recomienda aplicar este ensayo si la muestra presenta mezcla de fibras o contiene fibras bicomponentes. Para verificar esto se aconseja utilizar el método microscópico.

En la página siguiente se muestra el cuadro de solubilidad para las principales fibras textiles, donde se emplean los siguientes símbolos:

- S soluble
- I insoluble
- P forma masa plástica
- SP soluble o forma masa plástica
- SE soluble, excepto por un tipo de fibra modacrílica caracterizada por su baja inflamabilidad e inserciones líquidas visibles en su sección transversal.
- N nylon 6 es soluble, nylon 6,6 es insoluble
- * soluble a 20° C sin masa plástica
- r Novoloid se torna rojo

En caso de presentarse una muestra cuya composición se desconoce, puede recomendarse el método mostrado en la fig. 111, para ello debe contarse con los siguientes reactivos:

- ácido acético glacial CH_3COOH
- acetona $(CH_3)_2CO$
- solución al 70% de tiocianato de amonio NH_4SCN
- cloroformo $CHCl_3$
- meta-cresol $(CH_3)C_6H_4(OH)$
- ciclohexano C_6H_{12}
- N,N-dimetilformamida $(CH_3)_2NC(O)H$
- ácido fórmico (98%) $HCOOH$
- solución al 50% (v/v) de ácido clorhídrico HCl y agua destilada
- solución al 2% de acetato de plomo (II) $Pb(CH_3COO)_2$
- cloruro de metileno CH_2Cl_2
- solución al 5% de hidróxido de sodio $NaOH$
- solución al 75% de ácido sulfúrico H_2SO_4
- tricloroetileno C_2HCl_3

12 Bajo ciertas condiciones de temperatura y concentración.

	Ácido acético	Acetona	Hipoclotito de sodio	Ácido clorhídrico	Ácido fórmico	1,4 dioxano	m-xileno	ciclohexanona	dimetilformamida	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico	meta-cresol	Ácido fluorhídrico
Concentración (%)	100	100	5	20	85	100	100	100	100	59,5	70	100	50
Temperatura (°C)	20	20	20	20	20	101	139	156	90	20	38	139	50
Tiempo (min)	5	5	20	10	5	5	5	5	10	20	20	5	20
Acetato	S	S	I	I	S	S	I	S	S	S	S	S	
Acrílico	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I	I	P	I
Algodón y lino	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I	I
ANIDEX	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Aramida	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
AZLON	I	I	S										
Fluorofibra	I	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I
Lana	I	I	S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Modacrílico	I	SE	I	I	I	SP	I	S	SP *	I	I	P	
NOVOLOID	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I r
NYTRIL	I	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I	SP	
Poliamida	I	I	I	S	S	I	I	I	N	S	S	S	
Poliéster	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	I
Poliolefinas	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I	I	I	
Rayón	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S	S	I	I
SARAN	I	I	I	I	I	S	S	S	S	I	I	I	
Seda	I	I	S	I	I	I	I	I	I	S	S	I	
Spandex	I	I	I	I	I	I	I	I	S	SP	SP	SP	
Vidrio	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	S
VINAL				S	S	I	I	I	I	S	S	I	
VINYON	I	S	I	I	I	S	S	S	S	I	I	S	

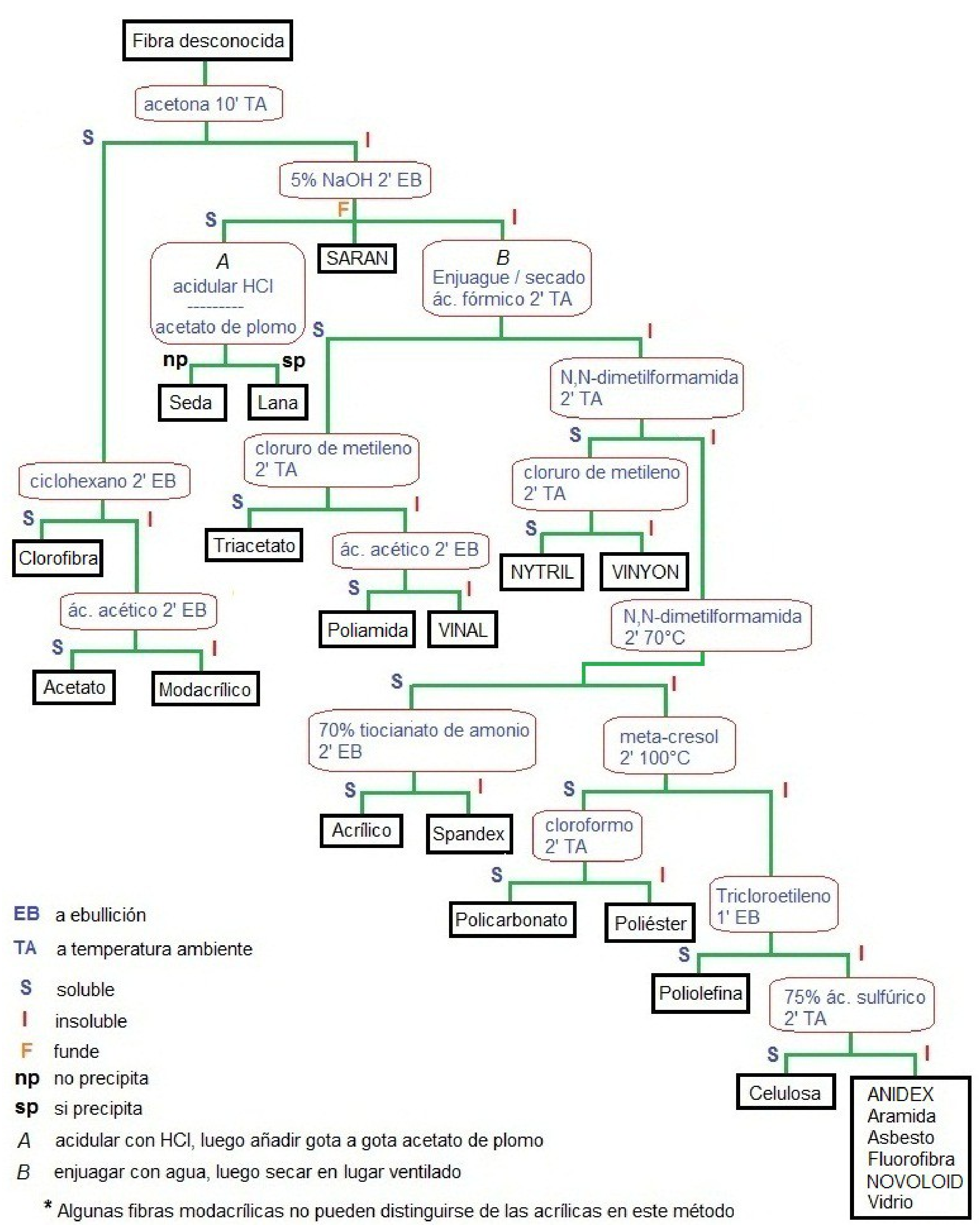

Fibra desconocida
acetona 10' TA
S
I
5% NaOH 2' EB
S
F
I
A
acidular HCl
----
acetato de plomo
SARAN
B
Enjuague / secado
ác. fórmico 2' TA
np
sp
Seda
Lana
S
I
N,N-dimetilformamida
2' TA
cloruro de metileno
2' TA
ciclohexano 2' EB
S
I
Clorofibra
Triacetato
ác. acético 2' EB
cloruro de metileno
2' TA
NYTRIL
VINYON
ác. acético 2' EB
Poliamida
VINAL
N,N-dimetilformamida
2' 70°C
Acetato
Modacrílico
70% tiocianato de amonio
2' EB
meta-cresol
2' 100°C
Acrílico
Spandex
cloroformo
2' TA
Policarbonato
Poliéster
Tricloroetileno
1' EB
Poliolefina
75% ác. sulfúrico
2' TA
Celulosa
ANIDEX
Aramida
Asbesto
Fluorofibra
NOVOLOID
Vidrio
EB a ebullición
TA a temperatura ambiente
S soluble
I insoluble
F funde
np no precipita
sp si precipita
A acidular con HCl, luego añadir gota a gota acetato de plomo
B enjuagar con agua, luego secar en lugar ventilado
* Algunas fibras modacrílicas no pueden distinguirse de las acrílicas en este método

Fig. 111

MÉTODO DEL PUNTO DE FUSIÓN

Algunos materiales, ante el incremento de la temperatura, reblandecen y se funden. La temperatura requerida para que un sólido pase al estado líquido se llama *punto de fusión*.

En el ensayo de combustión vimos que algunas fibras se funden y otras no. Aquellas que funden lo hacen a diferentes temperaturas, según se muestra en la tabla 25.

Este método consiste en colocar la muestra de fibras sobre una luna de reloj o placa Petri y llevarla a un horno, éste se regula para que su temperatura se incremente a razón de 10° C/min hasta unos 10 o 20° C antes de la temperatura estimada; a partir de este momento la gradiente de subida debe ser de 2° C/min. Debe observarse el momento cuando las fibras se reblandecen y forman una masa, con una cobertura líquida.

No se recomienda aplicar este ensayo si la muestra presenta mezcla de fibras o contiene fibras bicomponentes. Para verificar esto se aconseja utilizar el método microscópico.

Fibra	Punto de fusión (° C)
Acetato	260
Acrílica	No funde
Asbesto	No funde
Naturales celulósicas, rayón viscosa y Modal	No funden
Naturales proteínicas	No funden
Poliamida 11	190
Poliamida 6	213 - 225
Poliamida 6,6	256 - 265
Poliéster	250 - 260
Polietileno	135
Polipropileno	170
Triacetato	288
Vidrio	850

Tabla 25

MÉTODO DE LA DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO

La densidad de la fibra puede ser utilizada como una ayuda en su identificación. Esta característica puede ser determinada mediante el empleo de una serie de mezclas de disolventes de diferente densidad.

Si la densidad de la fibra es mayor que la del líquido, la muestra de fibra se hundirá. Al contrario, si la gravedad específica de la fibra es inferior a la del líquido, la muestra de fibra flotará sobre él. Si las densidades son iguales, la muestra de fibra alcanza la mitad del nivel del líquido.

Se emplean dos solventes: el tetracloroetileno (ρ = 1,623 g/cm^3) y el xileno (ρ = 0,865 g/cm^3), que puros o en mezclas sucesivas (volumen sobre volumen) de 10/90, 20/80, 30/70, 40/60, 50/50, 60/40, 70/30, 80/20 y 90/10, ofrecen una gradiente que abarca las densidades de casi todas las fibras textiles.

Para realizar este método se compara la muestra de fibra con una fibra conocida (testigo), sumergidas juntas en un recipiente transparente que contenga cualquiera de los solventes – o sus soluciones – arriba mencionados. Si ambas fibras alcanzan el mismo nivel en el líquido, sus densidades son iguales.

No se recomienda aplicar este ensayo si la muestra presenta mezcla de fibras o contiene fibras bicomponentes. Para verificar esto se aconseja utilizar el método microscópico.

MÉTODO DEL TEÑIDO

Las fibras tienen diferentes características de tintura y su afinidad por los colorantes depende de su estructura química y morfológica. Ampliamente se ha utilizado preparados a base mezclas de colorantes con diferentes afinidades hacia varios tipos de fibras para la identificación de muestras sin teñir.

Dado que algunos tipos de fibras se puede teñir a tonos similares con estas mezclas de colorantes, generalmente dos o más preparados deben ser utilizados para confirmar la identificación.

Este método es efectivo sólo para las fibras no teñidas o desmontadas. En la tabla 26 se indican los colorantes que tiñen a algunas fibras.

No se recomienda aplicar este ensayo si la muestra presenta mezcla de fibras o contiene fibras bicomponentes. Para verificar esto se aconseja utilizar el método microscópico.

Fibra	Colorantes
Acetato y triacetato	Naftoles y dispersos
Acrílico	Catiónicos, dispersos y pre-metalizados
Aramida	Básicos
Clorofibra	A la tina (algunos), naftoles, dispersos (sin carrier)
Elastano	Ácidos, básicos, al cromo, directos (débiles), a la tina (débiles), naftoles, dispersos, pre-metalizados y reactivos.
Fluorofibra	-
Lana	Ácidos, al cromo, pre-metalizados y reactivos
Modacrílico	Ácidos, básicos, directos, a la tina, dispersos y pre-metalizados 1:2
Naturales celulósicas, rayón viscosa y Modal	Directos, naftoles, sulfurosos, a la tina y reactivos
Novoloid	Catiónicos y dispersos.
Poliamida	Ácidos, al cromo, directos (algunos), dispersos, pre-metalizados y reactivos (especiales)
Poliéster	Dispersos y a la tina (especiales)
Polietileno	Dispersos
Polipropileno	-
Seda	Ácidos, básicos, al cromo, directos, a la tina (algunos), pre-metalizados y reactivos.

Tabla 26

MÉTODO DE LA ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

Este método se emplea en la determinación de grupos funcionales dentro de una fibra. Los grupos funcionales en un polímero absorben la energía infrarroja a longitudes de onda características del

grupo particular y producen cambios en los modos de vibración. Como resultado de las características de absorción del espectro infrarrojo por la fibra, grupos funcionales específicos se pueden identificar.

El ensayo se realiza con porciones de fibra molidas y en suspensión sobre una placa de sal, o triturando la muestra y mezclándola con una sal pura para formar una pastilla translúcida, que se mide en el espectrómetro.

Los grupos funcionales de los colorantes y productos de acabados también pueden ser detectados por esta técnica.

A continuación se muestran las gráficas IR de tres fibras: algodón (fig. 112), poliamida 6 (fig. 113) y poliéster (fig. 114)

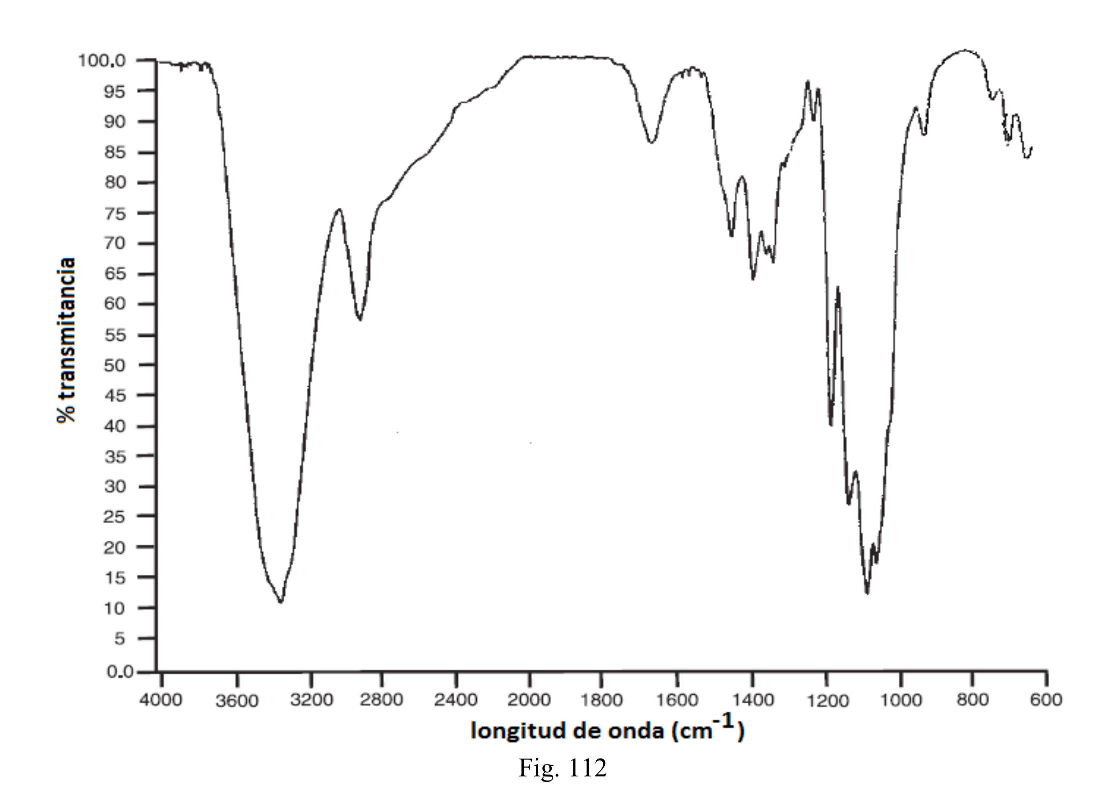
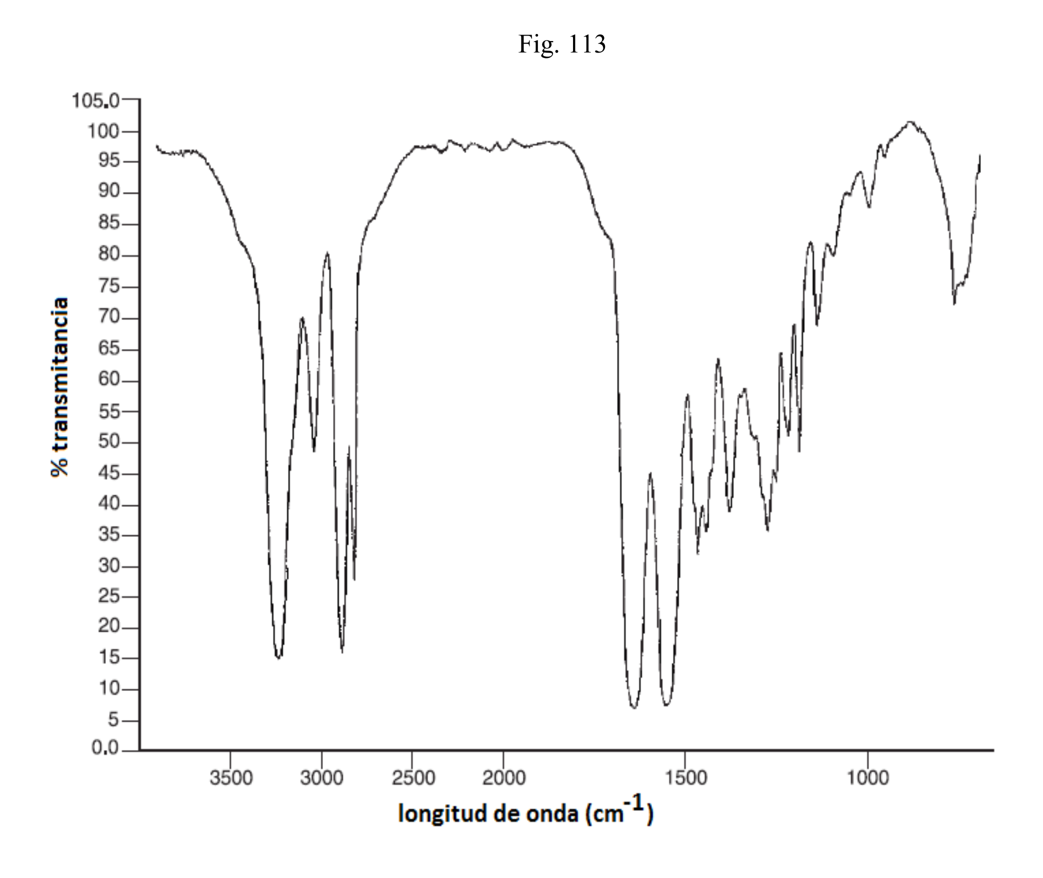


Fig. 112

Fig. 113



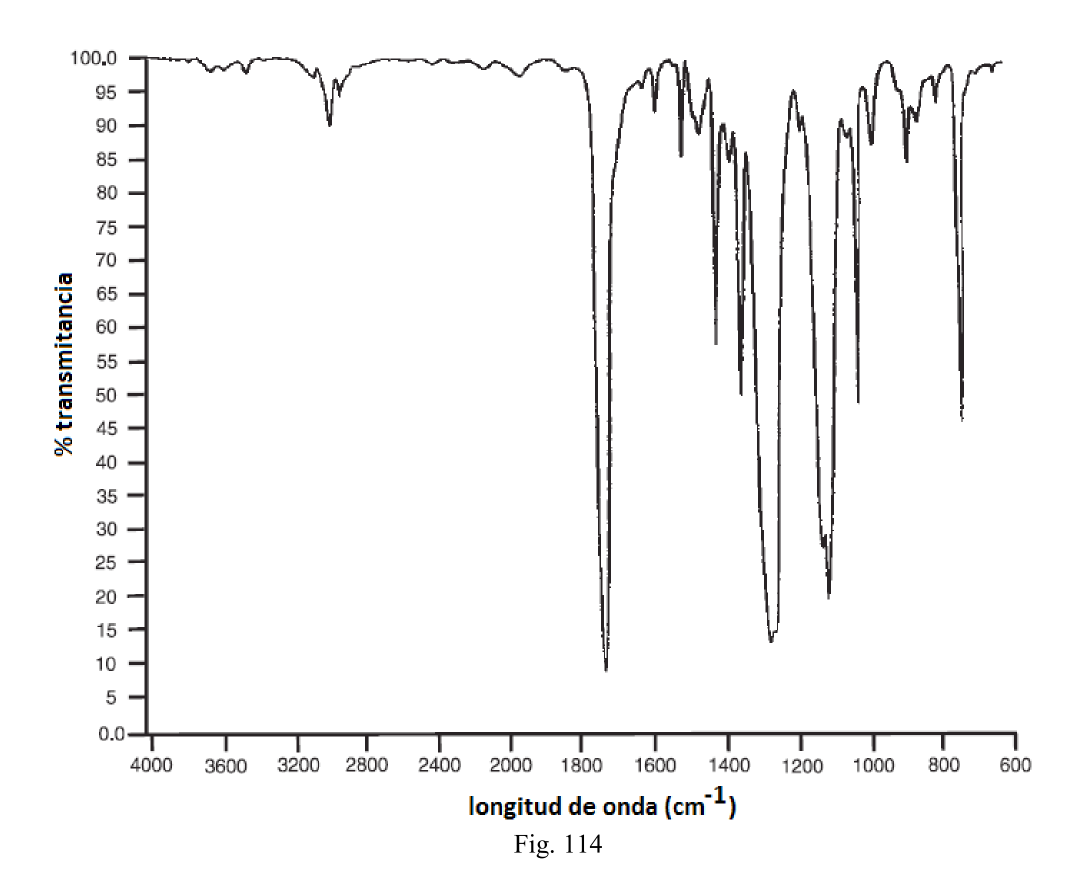


Fig. 114

ALGUNOS ENSAYOS SOBRE FIBRAS

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL ALGODÓN MEDIANTE CLASIFICADOR DE PEINES



Fig. 115

El clasificador de peines es un equipo diseñado para elaborar el diagrama de distribución de frecuencias de longitud de las fibras, en orden decreciente a su longitud.

Consta de nueve peines inferiores y ocho peines superiores. Cada juego de peines está espaciado en 1/4" con excepción del primer peine inferior trasero, que tiene una separación de 3/16".

En adición al aparato, se usan una pinza, un depresor, una aguja de disección y un tablero de terciopelo negro de 4" x 8".

Diagrama de distribución de fibras

Es de gran importancia, desde el punto de vista técnico, porque no solamente proporciona la longitud efectiva de trabajo que se toma en cuenta en el ajuste del tren de estiraje (de los manuares, mecheras y continuas), el porcentaje de dispersión de fibras con respecto a la longitud promedio, el porcentaje de fibras cortas; sino que, además permite determinar la calidad del algodón, con respecto al grado de uniformidad en cuanto a su longitud, mediante el estudio visual de las curvas de distribución de las fibras. Por otro lado, las curvas presentan diferente forma, dependiendo principalmente de la variedad del algodón.

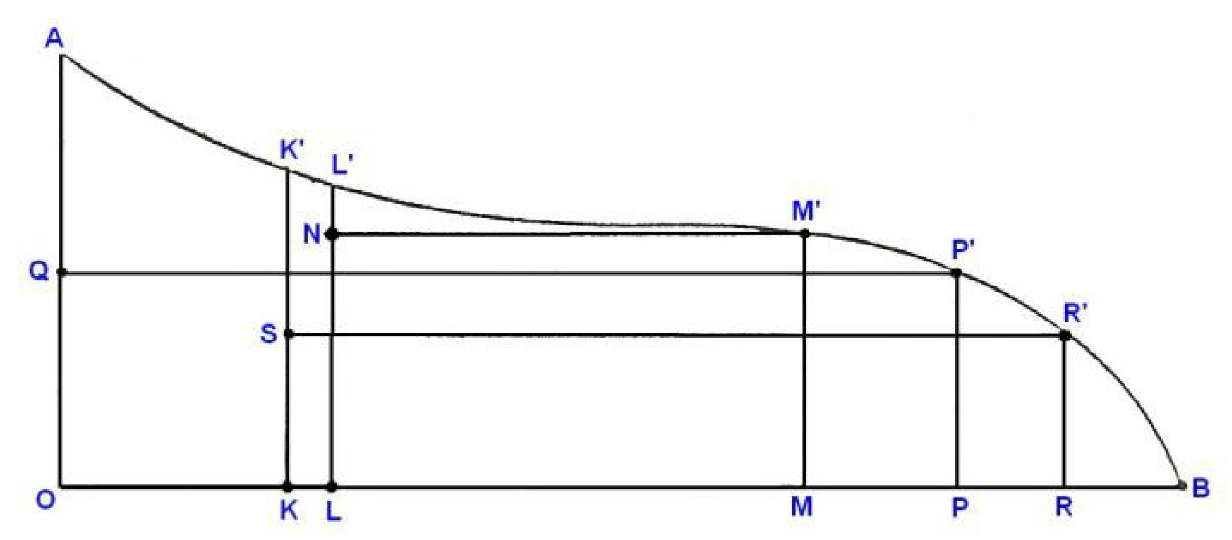


Fig. 116 Diagrama de distribución de fibras, donde se realiza el trazado de líneas paralelas y perpendiculares.

$$\% \, de \; fibra \, corta = \frac{RB}{OB} \cdot 100$$

$$\% \, de \, dispersión = \frac{L'N}{L'L} \cdot 100$$

Se considera un algodón aceptable cuando presenta como máximo 8% de fibras cortas y 20% de dispersión.

DETERMINACIÓN MANUAL DE LA LONGITUD DE FIBRAS DE LANA

El método para determinar manualmente la longitud de la lana consiste en colocar una muestra de fibras en orden de longitud, sobre un terciopelo negro, obteniéndose un diagrama de distribución de fibras por su longitud.

Materiales y equipos

Fibras de lana

Tablero de terciopelo negro

Papel milimetrado

Papel acetato

Regla

Marcador indeleble

Tijera

Balanza de precisión

Calculadora

Proceso de ejecución

Preparar muestra

Homogeneizar y acondicionar muestra, paralelizar las fibras: si se trata de lana en rama o lana lavada paralelizar usando cardinas; si se trata de cintas de tops no se requiere esta paralelización.

Preparar el mechón

Tomar una porción de lana de 0,4 a 0,8 g aproximadamente con la mano derecha y sujetarla a un extremo, y con la mano izquierda formar una punta dándole una ligera torsión.

Formar distribución de fibras

- Tomar mechón con el extremo izquierdo igualado con la mano derecha.
- Formar una punta en el extremo izquierdo.
- Poner la punta en la parte superior de la línea vertical y presionarlo con el índice o pulgar de la mano izquierda.
- Retirar la mano derecha en forma horizontal.
- Repetir todos los pasos anteriormente hasta agotar todo el espécimen que conforma el mechón.

Graficar en hoja milimetrada o papel cuadriculado

Copiar la distribución de fibras con un marcador al papel acetato, cortar éste con una tijera y trasladar el diagrama a la hoja milimetrada.

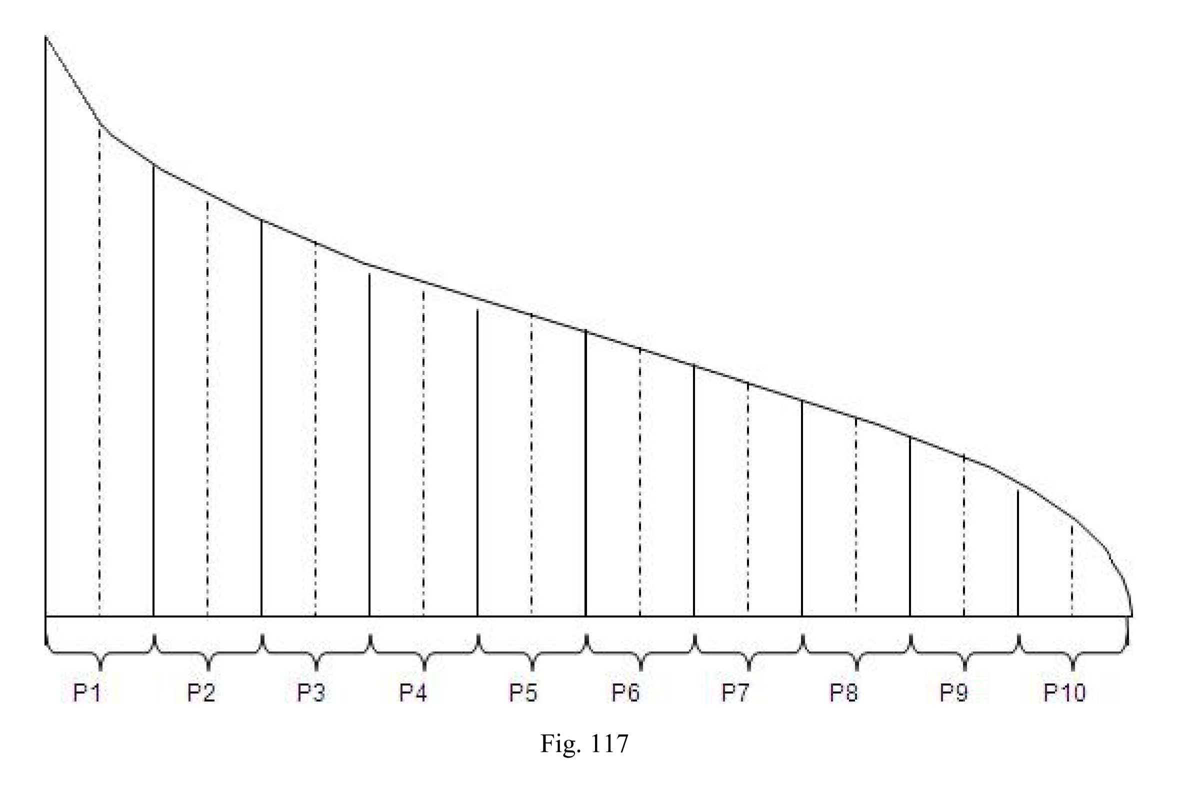


Fig. 117

Expresión de resultados

Calcular la longitud media (barba) y altura media mediante las siguientes fórmulas:

$$Barba = \frac{\sum (p_i \cdot l_i)}{\sum p_i} \qquad Altura = \frac{\sum p_i}{\sum \frac{p_i}{l_i}}$$

Donde:

p_i : peso de las muestras

h_i : altura media de las muestras

Ejemplo ilustrativo para calcular la Barba y la Altura.

nº	Altura en mm l_i	Peso en mg p_i	p_i x l_i	p_i / l_i
1	115	96	11040	0,834
2	98	110	10780	1,122
3	85	90	7650	1,058
4	74	78	5772	1,054
5	67	72	4824	1,074
6	63	65	4095	1,0317
7	57	56	3192	0,98
8	50	47	2350	0,94
9	44	37	1628	0,84
10	30	22	660	0,733
	Σ	**673**	**51991**	**9,6731**

$$Barba = \frac{51991}{673} = 77{,}25\,mm$$

$$Altura = \frac{673}{9{,}6731} = 69{,}57\,mm$$

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE FIBRAS DE LANA MEDIANTE CLASIFICADOR DE PEINES

Proceso de ejecución

1. Se coloca el operador con el frente del aparato clasificador dirigido hacia él.

2. Se gira hacia fuera y asegura el pequeño peine lateral y se suben los peines a sus posiciones horizontales.
3. Se sostiene la muestra bajo ligera tensión, se la coloca a través del lecho de peines (derecha) que tiene los dientes más largos, de manera que aproximadamente 15 cm de cinta se extiendan por delante del peine frontal, y luego se la presiona hacia abajo con el depresor. El espécimen debe confinarse a un ancho no mayor de 4 cm.
4. Se sacan a mano pequeñas porciones de la parte sobresaliente de la cinta hasta que ésta no se extienda más de 3 cm por delante del peine frontal.
5. Mediante la pinza especial, se sacan todas las fibras sobresalientes, hasta dejar la cinta alineada y sobresaliendo solamente 2 cm del peine frontal. Se desechan todas las fibras que se sacan en esta operación.

   NOTA: La finalidad de esta pequeña porción sobresaliente es la de proporcionar un mayor control sobre las fibras cortas.
6. Mediante la pinza, se sujetan las fibras a través de todo el ancho del espécimen, a una distancia no mayor de 2 mm de sus extremos, se las extrae lentamente del lecho de peines y se las pasa dos veces por el peine lateral. Se descartan todas las fibras que se separan con dicho peine.
7. Se colocan las fibras sujetas por la pinza, en el lecho izquierdo de peines, del siguiente modo:

   Empezando por la parte trasera, se inserta el manojo de fibras a través de los extremos de los dientes, presionando ligeramente las fibras, con la mano a medida que se desplaza la pinza hacia el frente, eliminando así el rizado tanto como sea posible, pero cuidando de no estirar las fibras.
8. Se sueltan las fibras cuando la extremidad de la pinza está alineada con los dientes del peine frontal. Es muy importante que las fibras sean soltadas en el punto indicado.
9. Se presionan las fibras así colocadas dentro de los dientes de los peines, por medio del depresor. Se recomienda utilizar un depresor largo, que abarque toda la longitud del clasificador.
10. Mediante la pinza, se empareja nuevamente el extremo sobresaliente de la cinta, retirando y desechando las fibras que se proyectan fuera del mismo.
11. Se repiten los pasos descritos en los párrafos 6 al 10 hasta acumular en el lecho de peines un manojo de fibras que pese de 0,5 g a 1,0 g. Para acumular dicho peso puede ser necesario colocar un nuevo espécimen repitiendo las operaciones descritas en los párrafos 3 y 4. A medida que los sucesivos manojos se van acumulando en el lecho izquierdo de peines, éstos deben repartirse sobre un ancho de 5 cm, en lugar de sobreponerse unos sobre otros.
12. Se retira el espécimen del lado derecho del lecho de peines.
13. Se colocan los peines de retención con sus dientes dirigidos abajo y hacia el manojo de fibras.
14. Se gira el aparato de tal modo que su parte posterior quede frente al operador.
15. Se bajan los peines, uno por uno, hasta que las fibras más largas sobresalgan. Se descartan las fibras francamente sueltas, es decir aquellas que no se extiendan hasta el peine frontal. Debe cuidarse de no descartar demasiadas fibras. En caso de duda, no se deben retirar las fibras que se sospechan sueltas.
16. En este momento, se determina el límite extremo del grupo más largo midiendo desde los dientes del peine frontal hasta los dientes del peine inmediatamente detrás de las fibras más largas. Esta medición debe hacerse y anotarse antes de proceder a retirar ninguna fibra. Esto servirá de base para establecer el número de grupos de que constará el ensayo. Todos los grupos abarcan una amplitud de 10 mm.
17. Mediante la pinza, se retiran las fibras que sobresalen del peine siguiente. Se recomienda retirar pocas fibras a la vez con el fin de no desacomodar las restantes. Debe evitarse toda

presión sobre el lecho de peines durante esta operación. Se retiran las fibras con la pinza y se colocan en forma paralela sobre un tablero de terciopelo. Cuando se haya terminado con un grupo, se retuercen juntos los extremos de las fibras formando un mechón para pesarlo.

18. Se baja el siguiente peine y se retiran las fibras del grupo correspondiente en la forma descrita en el paso 17.
19. Se repite esta operación hasta que todos los peines hayan sido bajados. Cuando se llega a los peines colocados a 5 mm de distancia, deben acumularse las fibras de cada par de peines y tomarse los pesos como grupos de 10 mm aproximadamente.
20. Se retiran los peines de retención a medida que son alzados.
21. Se recogen los mechones del tablero de terciopelo, se pesan al 0,0001 g y se registran los pesos en una hoja, en relación con los grupos correspondientes. Si se realiza más de un ensayo sobre la misma muestra se combinan los pesos por grupos antes de proceder al registro.
22. Se calculan las dos longitudes promedio de las fibras (barba y altura) así como sus respectivas desviaciones y coeficientes de variación.

$$\bar{x} = A - m \cdot (F_1 - 1)$$

$$\sigma = m \cdot \sqrt{2F_2 - F_1 - F_1^2}$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Donde:

$\bar{x}$: Altura o Barba, según sea el caso

σ : desviación estándar de la longitud

CV : coeficiente de variación de la longitud

A : promedio del grupo de longitud más grande para el cual se anota una frecuencia

m : intervalo de los grupos

23. Se trazan las curvas de frecuencias acumuladas a partir de los datos, del siguiente modo: se utilizan como abscisas los valores en porcentaje, y como ordenadas los límites superiores de cada grupo de longitud.

Ejemplo ilustrativo para calcular la Barba, su desviación estándar y su coeficiente de variación.

Grupo de longitudes (mm)	Peso (mg)	Porcentaje	Frecuencias acumuladas	
			1ra	2da
150 – 160	–	–	–	–
140 – 150	2,3	0,31	99,99	810,89
130 – 140	9,2	1,23	99,68	710,90
120 – 130	20,1	2,7	98,45	611,22
110 – 120	39,9	5,36	95,75	512,77
100 – 110	65,9	8,85	90,39	417,02
90 – 100	88,0	11,81	81,54	326,63
80 – 90	99,0	13,29	69,73	245,09
70 – 80	93,9	12,60	56,44	175,36
60 – 70	93,3	12,52	43,84	118,92
50 – 60	79,5	10,67	31,32	75,08
40 – 50	58,2	7,81	20,65	43,76
30 – 40	40,7	5,46	12,84	23,11
20 – 30	36,4	4,89	7,38	10,27
10 – 20	15,6	2,09	2,49	2,89
0 – 10	3,0	0,4	0,40	0,40
TOTALES	**745,0**	**99,99**	**810,89**	**4084,31**
			F_1 = 8,11	**F_2 = 40,84**

$$B = A - m\cdot(F_1 - 1) = 145\,mm - 10\,mm\cdot(8{,}11 - 1) = 73{,}9\,mm$$

$$\sigma = m\cdot\sqrt{2F_2 - F_1 - F_1^2} = 10\,mm\cdot\sqrt{2\cdot 40{,}84 - 8{,}11 - 8{,}11^2} = 27{,}9\,mm$$

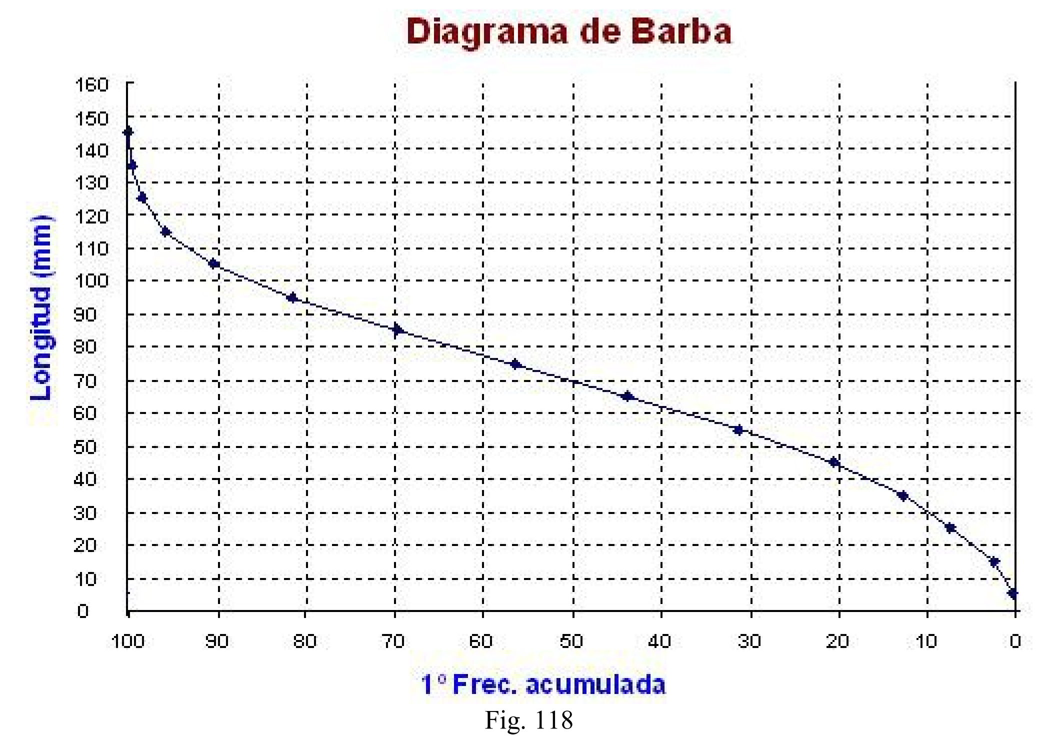


Fig. 118

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{27{,}9\,mm}{73{,}9\,mm} \cdot 100 = 37{,}75\%$$

Ejemplo ilustrativo para calcular la Altura, su desviación estándar y su coeficiente de variación

Grupo de longitudes (mm)	Longitud (mm)	Peso (mg)	Peso / longitud	Porcentaje	Frecuencias acumuladas	
					1ra	2da
150 – 160	155	–	–		–	–
140 – 150	145	2,3	0,0159	0,122	99,998	976,712
130 – 140	135	9,2	0,0681	0,524	99,876	876,714
120 – 130	125	20,1	0,1608	1,237	99,352	776,838
110 – 120	115	39,9	0,3470	2,670	98,115	677,486
100 – 110	105	65,9	0,6276	4,829	95,445	579,371
90 – 100	95	88,0	0,9263	7,128	90,616	483,926
80 – 90	85	99,0	1,1647	8,962	83,488	393,310
70 – 80	75	93,9	1,2520	9,634	74,526	309,822
60 – 70	65	93,3	1,4354	11,045	64,892	235,296
50 – 60	55	79,5	1,4455	11,123	53,847	170,404
40 – 50	45	58,2	1,2933	9,952	42,724	116,557
30 – 40	35	40,7	1,1629	8,948	32,772	73,833
20 – 30	25	36,4	1,4560	11,204	23,824	41,061
10 – 20	15	15,6	1,0400	8,003	12,620	17,237
0 – 10	5	3,0	0,6000	4,617	4,617	4,617
	TOTALES	**745,0**	**12,9955**	**99,998**	**976,712**	**573,184**
					F_1 = 9,77	**F_2 = 57,32**

$$H = A - m \cdot (F_1 - 1) = 145\,mm - 10\,mm \cdot (9{,}77 - 1) = 57{,}3\,mm$$

$$\sigma = m \cdot \sqrt{2F_2 - F_1 - F_1^2} = 10\,mm \cdot \sqrt{2 \cdot 57{,}32 - 9{,}77 - 9{,}77^2} = 30{,}7\,mm$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{30{,}7\,mm}{57{,}3\,mm} \cdot 100 = 53{,}40\,\%$$

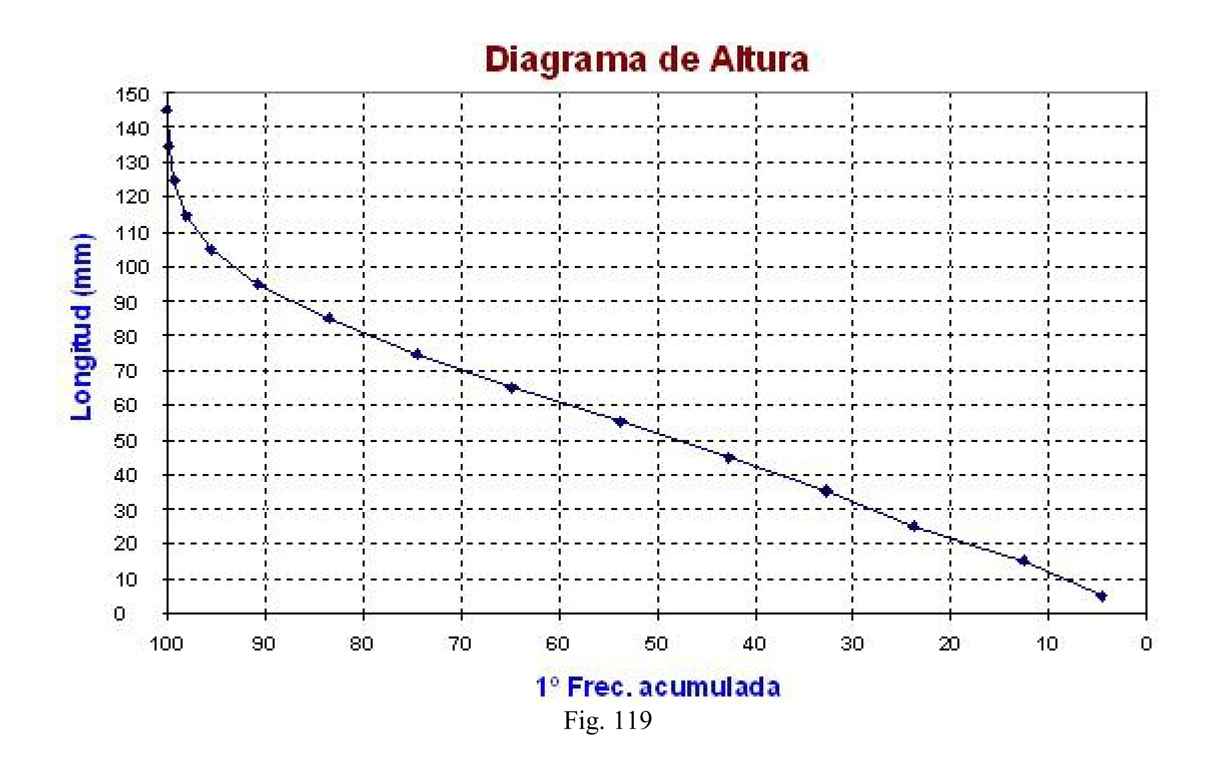


Fig. 119

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y REGAIN DE MATERIALES TEXTILES

Equipos y materiales

- Balanza de precisión
- Estufa
- Calculadora
- Muestras textiles (fibras, cintas, mechas, hilos, tejidos)

Proceso de ejecución

Preparación

Calentar la estufa hasta una temperatura de 105 – 110º Celsius.

Homogeneizar la muestra, sacando un poco de varias partes de una muestra mayor. Ésta debe ser lo menos compacta posible para facilitar la evaporación del agua.

Secado

Colocar la muestra dentro de la estufa.

Controlar la temperatura de la estufa constantemente para mantenerla en el rango antes mencionado, durante un periodo de 40 a 50 minutos.

Pesaje

Retirar la muestra de la estufa e inmediatamente pesarla en la balanza, este valor registrado será el *peso seco*.

Repetir el pesado de la muestra en intervalos de 15 minutos hasta encontrar un peso constante, este valor registrado será el *peso húmedo*.

Cálculo

Realizar el cálculo del regain y del contenido de humedad de acuerdo a las fórmulas:

$$\%H=\frac{(ph-ps)}{ph}\cdot 100 \qquad \%R=\frac{(ph-ps)}{ps}\cdot 100$$

Norma de seguridad: Tener cuidado con las partes calientes de la estufa, podrían causar quemaduras.



Fig. 120: Estufa



Fig. 121: Balanza de precisión

BIBLIOGRAFÍA

- Achille Bayart & Cie. *Characteristics of the principal textile fibres*. 11º Edición.
- Andreoli, Cesare; Freti, F. *Le fibre chimiche*. Fondazione ACIMIT, 2004.
- Booth, J. E. *Principles of textile testing*. Heywood Books, 1968.
- Gacén, Joaquín; Maillo, J. *Codificación de los nombres genéricos de las fibras químicas*. Boletín Intexter nº 106, 1994.
- Horrocks, A; Anand, S. *Handbook of technical textiles*. Woodhead Publishing Limited, 2000.
- *Identificación de fibras textiles*. Editorial Blume, 1968.
- Marsal Amenós, Feliú. *Proyectación de hilos*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- N. Schlumberger & Cie. *De la fibra al hilo*.
- Needles, Howard. *Textile fibers, dyes, finishes, and processes*. Noyes Publications. 1986.
- *Textiles Terms and Definitions*. The Textile Institute, 1975.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- American Fiber Manufacturers Association. *Fibersource* [en línea] <http://www.fibersource.com> [consulta: 11 de febrero de 2013]
- Fundación Wikimedia, Inc. Wikipedia, la enciclopedia libre [en línea]. Consultas varias. <http://es.wikipedia.org>
- Lockuán Lavado, Fidel. Libros textiles gratuitos [en línea] <http://fidel-lockuan.webs.com> [consulta: 10 de enero de 2013]
- Real Academia Española. Diccionario de la lengua española [en línea]. Consultas varias. <http://www.rae.es/rae.html>
- The International Bureau for Standardisation of Man-made fibers [en línea] <http://www.bisfa.org/HOME.aspx> [consulta: 21 de diciembre de 2012]
- U.S. Customs and Border Protection. Fiber trade names and generic terms [en línea] <http://www.cbp.gov/linkhandler/cgov/trade/legal/informed_compliance_pubs/icp040.ctt/icp040.pdf> [consulta: 13 de enero de 2013]